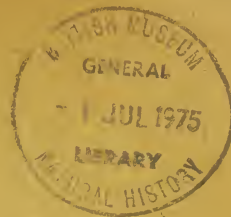


ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

DIRECTOR : Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

JULIO-SEPTIEMBRE 1974 — ENTREGAS I-III — TOMO CXCVIII

SUMARIO

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS, Nº 37

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1974

Impreso en Imprenta Coni S.A.C.I.F.I., Perú 684, Buenos Aires, República Argentina



ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

DIRECTOR: Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

TOMO CXCVIII

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1974

MIEMBROS PROTECTORES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ESTUDIOS GEO-HELIOFISICOS

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INTI)

SERVICIOS ELECTRICOS DEL GRAN BUENOS AIRES

YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES

LLUVIAS Y TEMPERATURAS RELACIONADAS CON LOS CICLOS UNDECENALES DEL SOL CLASIFICADOS SEGUN POLARIDAD DE LAS MANCHAS

Por EMILIO L. DIAZ

RESUMEN

Los ciclos, clasificados en función de la distinta distribución de la polaridad de las manchas, se denominaron A y B. Se definió como año cero aquel de mínimo número de manchas. Las precipitaciones y las temperaturas anuales del aire en superficie se promediaron, para cada año, y se computaron las anomalías relativas. Resultados: las precipitaciones medias anuales y las temperaturas, presentan diferencias, para cada lugar, según el ciclo de que se trate; ambas variables tienden a mostrar una evolución inversa en cada tipo de ciclo aunque no de manera simétrica; las cifras de los Acumulativos son más demostrativas. En la Argentina, al oriente de los Andes, los ciclos A son entre 4 °/₀ y 8 °/₀ más lluviosos que los B, y unos 0,3 °C más frios en el oeste argentino; los efectos relacionados con los ciclos A y B se asocian, al menos en Sud América, con la estacionalidad de las lluvias (en Río de Janeiro, por ejemplo, de diciembre a abril llueve un 18 °/₀ menos durante los ciclos A que durante los B); las verificaciones efectuadas fraccionando en dos épocas los datos de estaciones europeas con largos registros, muestran que las oscilaciones en oposición, y también las diferencias de las medias entre tipos de ciclos se mantienen.

ABSTRACT

Eleven year solar cycles are designated A and B accordingly to their spots polarity. Year of minimun spot number was defined as year zero. Precipitation and temperature were averaged for each successive year and relative anomalies computed. Results: annual mean precipitation and temperature show differences, depending on place and cycle; both variables show a reversed evolution for cycles A and B, although not necessarily symmetrical; in Argentina, cycles A are between 4 °/₀ and 8 °/₀ rainier than B, and also around 0,3 °C cooler in the west; effects related to cycles A and B are associated, at least in South America, with precipitation seasonality (in Rio de Janeiro, from december to abril, cycle A rains are 18 °/₀ less than those of B); verifications based on fractioning in two epochs the data of some european stations of long enough records show persistence, both that of reversed evolution of rain and temperature and that of difference of means also.

El trabajo tuvo por objeto investigar las relaciones entre las precipitaciones y las temperaturas del aire en superficie, y los ciclos undecenales del Sol, en función de la distribución de la polaridad magnética en los grupos de manchas.

Dicha polaridad se mantiene, en cada hemisferio solar, durante cada ciclo,

invirtiéndose al siguiente (Bosler, Jean, *Cours d'Astronomie*, t. III, *Astrophysique,* 1928, pág. 230), con lo cual los ciclos, considerados alternadamente, resultan similares en cuanto a polaridad de las manchas.

El análisis que sigue se refiere principalmente a Sudamérica, si bien se dan datos para otros lugares del mundo.

1. Aclaraciones y método de trabajo

1.1. Los ciclos solares fueron denominados A y B. Se definieron como ciclos A aquellos con polaridad norte, en los grupos de manchas, ubicada hacia el oeste en el hemisferio norte del Sol; los ciclos B se vinculan a polaridad norte hacia el este (ver Abetti, Giorgio, "El Sol", págs. 157 a 159).

1.2. Como año 0 de cada ciclo se tomó aquel de mínima actividad en cuanto a manchas. Corresponden al ciclo A los períodos que comenzaron (año 0) en 1755, 1775, 1798, 1823, 1843, 1867, 1889, 1913, 1933 y 1954; se clasificaron como B los iniciados en 1766, 1784, 1810, 1833, 1856, 1878, 1901, 1923, 1944 y 1964.

1.3. Bajo el término "lluvias" deben entenderse las precipitaciones.

1.4. Tanto en cuanto a la lluvia como en cuanto a las temperaturas, para cada estación utilizada se promediaron los valores correspondientes a cada uno de los años del ciclo solar, desde el año 0 hasta el 11º. La media de cada conjunto de ciclos A, o B, se tomó entre los años 0 y 10º inclusive, a fin de no repetir observaciones entre conjuntos de ciclos.

1.5. Las anomalías (An.) correspondientes a cada uno de los años, se computaron haciendo la diferencia entre el promedio de cada año y la media general, calculada en base al total de años de observación (es decir incluyendo ambos ciclos).

1.6. Con el objeto de hacer comparables las cifras, se determinaron las anomalías relativas (An. rel.), esto es las anomalías expresadas en función del desvío aritmético medio (D) de los valores anuales individuales. Es decir que An. rel.: An./D.

1.7. Los porcentajes de las precipitaciones han sido calculados en base a las precipitaciones de los ciclos B, mediante la expresión $100\ \frac{A - B}{B}$

1.8. Para las estaciones sudamericanas (23 en total, Cuadro 1) se determinaron, asimismo, los coeficientes de correlación entre ciclos A y B, correspondientes a las An. rel. y a los Acumulativos de dichas anomalías relativas (Acumul. An. rel.), tanto para las lluvias como para las temperaturas. Para otras estaciones del mundo (18 en total, no se acompaña cuadro) sólo se calcularon las correlaciones de los Acumul. An. rel.

1.9. Las correlaciones entre An. rel. fueron computadas en base a los desvíos respecto de la media general, en cambio, para los Acumulativos el coeficiente se obtuvo de manera directa, utilizando sus valores. El cálculo efectuado tomando los apartamientos de los Acumulativos, referidos a la media de los mismos en cada conjunto de ciclos (A o B), coincide con los anteriores en general, aún cuando con magnitudes lógicamente algo menores.

CUADRO 1. — Lluvias y temperaturas anuales relacionadas con los ciclos undecenales del sol clasificados según la polaridad de las manchas (ciclos A y B)

Sud América

Estaciones	Lluvias (mm)						Temperaturas (° C)					
	A	B	$100 \cdot \frac{A-B}{B}$	Coef. correl. An. rel.	Coef. correl. Acum.	N (años)	A	B	A-B	Coef. correl. An. rel.	Coef. correl. Acum.	N (años)
Recife	1573	1565	+ 0,5	+0,54	+0,78	89	—	—	—	—	—	—
Cuíabá	1353	1356	— 0,2	+0,04	+0,26	71	25,80	25,70	+0,10	—0,09	—0,68	72
R. de Janeiro	1048	1148	— 8,7	—0,44	—0,98	121	22,97	23,01	—0,04	+0,27	—0,10	102
S. Pablo	1280	1423	—10,0	—0,20	—0,93	93	18,11	18,09	+0,02	+0,29	+0,69	95
Curitiba	1409	1395	+ 1,0	+0,26	—0,11	87	16,42	16,30	+0,12	+0,27	—0,87	88
Corrientes	1261	1188	+ 6,1	+0,04	—0,68	97	—	—	—	—	—	—
Goya	1107	1115	— 0,7	+0,32	—0,06	96	20,41	20,24	+0,17	—0,18	—0,87	96
Concordia	1114	1097	+ 1,5	—0,42	—0,16	97	—	—	—	—	—	—
Buenos Aires	989	949	+ 4,2	—0,21	—0,71	112	16,38	16,45	—0,07	—0,25	—0,91	117
La Paz	554	577	— 4,0	—0,66	—0,63	81	9,38	9,66	—0,28	—	—	56
La Quiaca	290	326	—11,0	—0,03	—0,94	70	9,38	9,40	—0,02	—0,05	—0,83	62
Salta	709	682	+ 4,0	+0,44	—0,20	72	16,96	17,22	—0,26	—0,17	—0,89	72
Córdoba	729	685	+ 6,4	—0,56	—0,88	100	17,06	17,26	—0,20	—0,48	—0,90	100
Mendoza	182	181	+ 0,5	+0,30	+0,48	106	15,59	15,94	—0,35	—0,08	—0,94	69
Bahía Blanca	553	526	+ 5,1	—0,46	—0,88	112	15,15	15,23	—0,08	—0,18	—0,26	100
C. Sarmiento	—	—	—	—	—	—	10,79	10,70	+0,09	—0,46	—0,88	72
S. Cruz	182	167	+ 9,0	—0,33	—0,92	76	—	—	—	—	—	—
Malvinas	669	649	+ 3,1	—	—	48	5,79	5,61	+0,18	—0,32	—0,97	78
Coquimbo (1)	117	124	— 5,6	—0,17	—0,77	103	14,60	14,60	0,00	—0,11	+0,69	72
Santiago	332	344	— 3,5	—0,26	—0,39	105	13,84	14,02	—0,18	—0,61	—0,98	106
J. Fernández	954	1006	— 5,2	—	—	60	15,36	15,44	—0,08	—	—	57
P. Arenas	397	416	— 4,6	—0,03	—0,66	84	6,58	6,37	+0,21	—0,77	—0,74	85
Orcadas	489	471	+ 3,8	—0,05	—0,35	69	—4,11	—4,47	+0,36	—0,12	—0,87	70

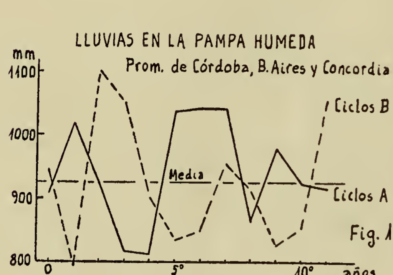
(1) Datos dudosos en las temperaturas.

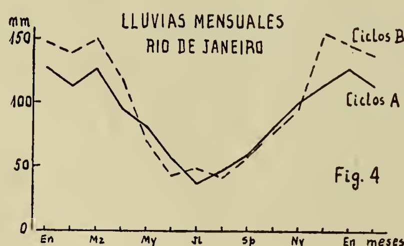
1.10. El disponer de varias estaciones europeas con registros largos (algunas desde 1764) permitió fraccionar sus datos en dos épocas y comparar los resultados obtenidos en cada una de ellas (ver 2.1.8. y 2.2.8.).

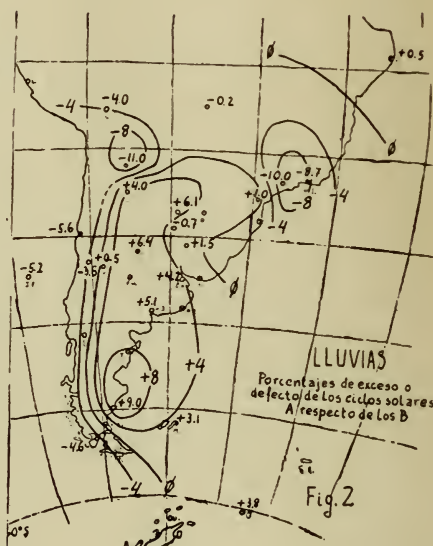
2. Resultados

2.1. *Lluvias*

2.1.1. Las precipitaciones anuales medias suelen diferir. en cada lugar, según el tipo de ciclo de que se trate. Así, por ejemplo (ciclos A/ciclos B, mm), las cifras son: para Roma (It.) : 814/784; Omaha (E.U.) : 680/743; Djakarta (Indonesia) : 1819/1746; Sydney (Australia) : 1255/1143; Lagos (Nigeria) : 1827/1706.







2.1.2. En algunos lugares los desvíos de las lluvias respecto de la media general, para ciertos años correlativos de los ciclos solares, tienden a ser inversos entre sí. Por ejemplo, Córdoba (Ar.) (promedios de cinco ciclos cada uno) : años 6º: ciclos A, An.: + 128 mm; ciclos B, An.: — 102 mm.

2.1.3. Si bien las lluvias frecuentemente oscilan de manera opuesta en los ciclos A y B (fig. 1), ello no implica que las oscilaciones sean necesariamente simétricas. Esto se refleja en los valores de los coeficientes de correlación, según se los compute fundados en las An. rel. o en los Acumulativos de dichas anomalías (incidencia aditiva de la diferencia entre las medias de los ciclos y la media general) ; así Bahía Blanca arroja coeficientes de –0,46 y –0,88 respectivamente.

2.1.4. El análisis de los porcentajes de exceso o defecto de las precipitaciones anuales de los ciclos A, respecto de los B, indica (fig. 2) sugiriendo algún efecto de la Cordillera, que al oriente de los Andes, en la Argentina, los primeros son entre 4 % y 8 % más lluviosos que los segundos, en tanto la costa chilena, por el contrario, presenta defectos

del orden del 5 %, defectos que llegan a más del 8 % en el altiplano boliviano. En la zona de San Pablo-Río de Janeiro los ciclos A son entre 8 % y 10 % menos lluviosos que los ciclos B.

2.1.5. El cómputo de los Acumulativos de las An. rel. y su representación sinóptica, tienden a mostrar, en diversas áreas geográficas, una evolución inversa en los ciclos A y B, con núcleos en las zonas Río de Janeiro-San Pablo, altiplano boliviano, centro-oeste argentino, y al oriente de Santa Cruz.

2.1.6. En el Cuadro 2 se ofrece un análisis por áreas geográficas (San Pablo-Río de Janeiro, Córdoba-Buenos Aires-Bahía Blanca, y Santiago-Coquimbo), tanto del promedio de las An. rel. como de la marcha de los Acumulativos a través de los años, en ambos ciclos. En la fig. 3 se han volcado, para más fácil interpretación, los valores sin reducir del área Córdoba-Buenos Aires-Bahía Blanca.

2.1.7. El estudio de las lluvias mensuales, practicado para la pampa húmeda argentina, Río de Janeiro, Santiago y Punta Arenas (cuadro no incluido) acusa vinculación del efecto de los ciclos solares con la estacionalidad de las lluvias. Así, en Río de Janeiro, fig. 4, de diciembre a abril llueve un 18 % menos durante los ciclos A que durante los ciclos B (— 133 mm en los cinco meses); en la pampa húmeda (promedio de Córdoba [1], Buenos Aires y Concordia), de enero a abril la evolución es opuesta, en los A llueve un 13 % más que en los ciclos B (+ 49 mm). En Santiago, con un régimen invernal de precipitaciones, de junio a agosto los ciclos A son un 12 % menos lluviosos que los B; Punta Arenas, con estacionalidad menos marcada, acusa de marzo a junio una escasez del 14 % en los A con relación a los B. En Viena (Austria) (1843-1960), de junio a octubre (verano y otoño) llueve un 9 % más en los ciclos A que en los B.

2.1.8. Las comprobaciones realizadas fraccionando los datos de estaciones dotadas de largos registros de precipitaciones (Edimburgo, Milán y Roma), muestran que las oscilaciones en oposición (acumulativos), y también las diferencias de precipitación media entre tipos de ciclos, se mantienen (p. ej. Edimburgo 1770-1867, $r = -0,99$ y $A - B = -48$ mm; 1867-1960, $r = -0,89$ y $A - B = -30$; Roma 1782-1867, $r = -0,63$ y $A - B = +15$, 1867-1960, $r = -0,83$ y $A - B = +41$). Las correlaciones entre los Acumulativos de los ciclos homónimos de ambos períodos tienden a ser positivas pero no de gran magnitud.

2.2. *Temperaturas*

2.2.1. Las temperaturas anuales medias del aire en superficie también suelen anotar diferencias para cada lugar, según el ciclo de que se trate. Tal los casos (ciclos A/ciclos B, °C) de Sydney (Australia): 17.52/17.32 (102 años de observaciones); Wellington (N. Z.): 12.89/12.62 (97 años): Stikkisholmur (Islandia): 3.83/3.66 (115 años); San Francisco (E.U.): 13.21/12.99 (110 años); Roma (Italia): 15.39/15.53 (150 años).

[1] En ubicación externa.

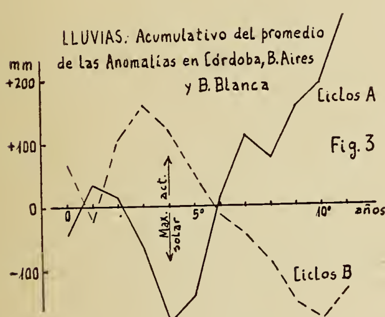
CUADRO 2. — Lluvias y temperaturas anuales relacionadas con los ciclos solares A y B. analizadas por áreas geográficas

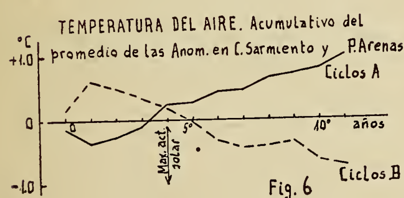
Variable y años	R. de Janeiro - S. Pablo				Córdoba - B. Aires - B. Blanca				Santiago - Coquimbo (1)			
	An. Rel. Prom.		Acumul.		An. Rel. Prom.		Acumul.		An. Rel. Prom.		Acumul.	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Lluvias												
0	—1,28	+0,18	—1,28	+0,18	—0,36	+0,48	—0,36	+0,48	—0,76	—0,03	—0,76	—0,03
1º	—0,66	+0,04	—1,94	+0,22	+0,46	—0,58	+0,10	—0,10	+0,72	—0,25	—0,04	—0,28
2º	—0,82	+0,68	—2,76	+0,90	—0,13	+0,83	—0,03	+0,73	—0,07	+0,26	—0,11	—0,02
3º	+0,62	+0,82	—2,14	+1,72	—0,55	+0,48	—0,58	+1,21	—0,46	+0,81	—0,57	+0,79
4º	—0,36	+0,22	—2,50	+1,94	—0,77	—0,36	—1,35	+0,85	—0,28	+0,11	—0,85	+0,90
5º	—0,14	+0,25	—2,64	+2,19	+0,29	—0,42	—1,06	+0,43	—0,53	+0,02	—1,38	+0,92
6º	—0,74	+1,34	—3,38	+3,53	+1,07	—0,46	+0,01	—0,03	—0,03	—0,31	—1,41	+0,61
7º	—0,20	—0,16	—3,58	+3,37	+0,68	—0,31	+0,69	—0,34	—0,36	—0,02	—1,77	+0,59
8º	—0,17	+0,44	—3,75	+3,81	—0,24	—0,22	+0,45	—0,56	+0,35	—0,53	—1,42	+0,06
9º	—0,50	0	—4,25	+3,81	+0,60	—0,46	+1,05	—1,02	+0,36	+0,12	—1,06	+0,18
10º	+0,30	—0,30	—3,95	+3,51	+0,30	—0,25	+1,35	—1,27	+0,44	+0,34	—0,62	+0,52
11º	—0,22	—0,74	—4,17	+2,77	+0,61	+0,30	+1,96	—0,97	+0,59	—0,41	—0,03	+0,11
Temperaturas												
0	+0,23	—0,14	+0,23	—0,14	+0,36	—0,08	+0,36	—0,08	—0,22	+0,18	—0,22	+0,18
1º	+0,16	+0,08	+0,39	—0,06	—0,56	+0,48	—0,20	+0,40	—0,60	+0,66	—0,82	+0,84
2º	—0,10	+0,34	+0,29	+0,28	—0,41	—0,15	—0,61	+0,25	—0,38	—0,64	—1,20	+0,20
3º	—0,22	—0,21	+0,07	+0,07	—0,26	+0,17	—0,87	+0,42	—0,50	+0,22	—1,70	+0,42
4º	—1,02	—0,45	—0,95	—0,38	0,00	—0,02	—0,87	+0,40	—0,44	+0,38	—2,14	+0,80
5º	+0,16	+0,28	—0,79	—0,10	—0,43	+0,37	—1,30	+0,77	—0,38	+0,01	—2,52	+0,81
6º	—0,12	+0,24	—0,91	+0,14	+0,41	+0,39	—0,89	+1,16	+1,00	—0,44	—1,52	+0,37
7º	+0,42	—0,02	—0,49	+0,12	+0,26	—0,08	—0,63	+1,08	+0,30	+0,46	—1,22	+0,83
8º	—0,32	+0,24	—0,81	+0,36	—0,14	—0,19	—0,77	+0,89	—0,09	+0,43	—1,31	+1,26
9º	+0,28	—0,08	—0,53	+0,28	—0,71	+0,76	—1,48	+1,65	—0,04	—0,04	—1,35	+1,22
10º	+0,31	—0,12	—0,22	+0,16	—0,16	—0,20	—1,64	+1,45	+0,24	—0,26	—1,11	+0,96
11º	+0,34	+0,08	+0,12	+0,24	+0,22	—0,82	—1,42	+0,63	+0,56	—0,77	—0,55	+0,19

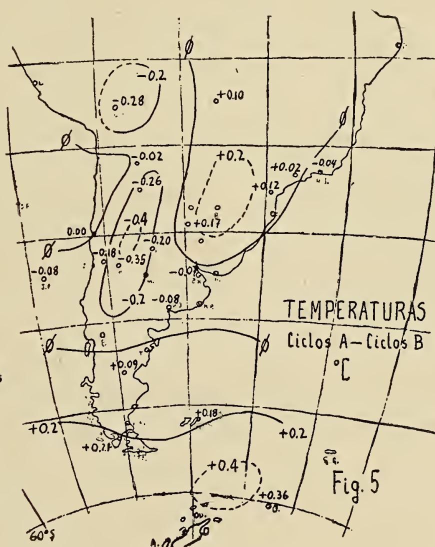
(1) Datos dudosos en las temperaturas de Coquimbo.

2.2.2. Como en las lluvias (2.1.2.) los desvíos de la temperatura respecto de la media general, para determinados lugares y para ciertos años correlativos de los ciclos solares, tienden a ser inversos entre sí. En Buenos Aires, para el año 9º (promedios de cinco ciclos), en los A la An. temp. = — 0.18° C, en los B, + 0,20° C.

2.2.3. Vale también la acotación (2.1.3.) hecha para las lluvias. Las oscilaciones de sentido opuesto de la temperatura, en los ciclos A y B, no implican, necesariamente, simetría. Si se toma a Goya a título de muestra, resultan coeficientes de correlación de –0,18 para las An. rel. y de –0,87 para los Acumulativos de las mismas (incidencia aditiva de la diferencia entre las medias correspondientes a los ciclos y la media general).







2.2.4. Del estudio de las temperaturas surge (fig. 5) que al oriente de los Andes los ciclos A son unos 0,3° C más fríos que los B en el centro, oeste y noroeste argentinos, en tanto son más cálidos en la región subantártica (+ 0,36° C).

2.2.5. Los Acumulativos de las An. rel. de las temperaturas señalan una marcha inversa en los ciclos A y B, con núcleos en el centro-oeste argentino (entre Mendoza y Salta), Misiones y en el Pasaje de Drake.

2.2.6. En el Cuadro 2 podrán encontrarse las An. rel. promedio y sus Acumulativos, correspondientes a las áreas geográficas Río de Janeiro-San Pablo, Córdoba-Buenos Aires-Bahía Blanca y Santiago-Coquimbo. En la fig. 6 se han trazado los Acumulativos de las anomalías, sin reducir, del área Colonia Sarmiento-Punta Arenas.

2.2.7. El análisis de las temperaturas mensuales de Córdoba y Buenos Aires, en cuanto a la ubicación del defecto de los ciclos A respecto de los B, no mostró esquemas definidos, salvo un pico positivo en mayo y una marcha paralela. En Punta Arenas, donde los ciclos A son 0,21° C más calientes que los B, las diferencias más significativas aparecen en invierno y primavera (+ 0,43° C promedio de junio a septiembre).

En Río de Janeiro (A — B: — 0,04° C) los ciclos A son más cálidos que los B en verano y otoño y más frescos de junio a diciembre. En Orcadas, las temperaturas de junio y julio de los ciclos A son superiores en más de 1° C a las de los B, siendo en los A el mes más frío el de agosto en lugar de julio. Todo ello sugiere, dada la época del año, algún grado de influencia de fenómenos conexos que ocurrirían en el continente antártico o mar de Weddell.

2.2.8. En cuanto a la comparación de resultados obtenidos en distintas épocas, las estaciones de Edimburgo, Roma y Viena, que disponen de registros prolongados, indicaron que las oscilaciones en oposición (acumulativos), y también las diferencias de temperaturas medias entre ciclos, tienden a mantenerse a través del tiempo. En cuanto a la similitud del curso de la temperatura en los ciclos homónimos de distintas épocas, si bien para Edimbergo (1764-1867 con 1867-1960) la constatación fue positiva ($r = + 0{,}92$ y $+ 0{,}91$, para A y B, respectivamente) no resultó así para Roma (1811-1878 con 1878-1960) ni para Viena (1775-1867 con 1867-1960) cuyos coeficientes son negativos.

2.2.9. Un estudio adicional, eliminando la variación de la temperatura registrada desde fines del siglo pasado, confirma en signo y orden de magnitud lo expresado en este trabajo, al menos en Sudamérica y en particular en el centro, oeste y noroeste argentino y en la región subantártica.

Nota: Podrán encontrarse referencias vinculadas al tema en un trabajo de Newman, James E., «Climatic Changes: some evidence and implications», Weatherwise, Boston, April 1971.

ESTUDIO RELACIONADO CON LA PRESENCIA DE CARIOFILENO Y HUMULENO EN EL ACEITE ESENCIAL DE « PLUCHEA SAGITTALIS » (LAM.) CABR. *

Por EDILBERTO C. J. TALENTI [1] y LEONOR R. de VOTTERO [2]

RESUMEN

El aceite esencial de *Pluchea saggitalis* (Lam.) Cabr. ; (« Lusera »), fue extraído por solvente volátil inerte (éter de petróleo) y comparado con el obtenido anteriormente usando la destilación por arrastre con vapor de agua. Ambas esencias, son prácticamente semejantes.

Se emplearon como técnicas de reconocimiento las siguientes : cromatografía de adsorción sobre alúmina (Oxido de aluminio), cromatografía en fase gaseosa analítica y preparativa y también la espectrometría en el infrarrojo.

Del estudio realizado, parecería surgir que en el caso del aceite esencial de la *Pluchea saggitalis*, el cariofileno y el humulento, posiblemente se encontrarían como tales en la planta y no provendrían de degradaciones de moléculas más complejas.

SUMMARY

The essential oil of *Pluchea saggitalis* (Lam.) Cabr., (« Lusera »), was extracted with an inert volatile solvent (petroleum ether) and compared with the one obtained by water steau distillation. Both essences are practically similar.

The following determination techniques were used: Adsorption chromatography on alumina (Aluminium oxide), analytical and preparative gas-liquid chromatography and I. R, spectrometry.

The conclusion seems to be that in the case of the essential oil of *Pluchea saggitalis*, caryophyllene and humulene are actually present in the plant and they are not derived from degradation of more complex molecules.

* Trabajo presentado en el « XI Congreso Latinoamericano de Química » celebrado en Santiago de Chile del 5 al 11 de enero de 1972.

[1] Investigador Adjunto de la Universidad Nacional del Litoral. Laboratorio de Investigaciones « Dr. Gustavo Anselmo Fester ». Departamento de Química Orgánica. Facultad de Ingeniería Química. Santiago del Estero 2829, Santa Fe, Argentina.

[2] Ayudante de Investigación del Departamento de Química Orgánica de la Universidad Nacional del Litoral.

Trabajo finalizado en noviembre de 1971.

Entregado a la revista *Anales de la Sociedad Científica Argentina* en octubre de 1972.

INTRODUCCION

La *Pluchea sagittalis* (Lam.) Cabr. es una planta herbácea perteneciente a la familia de las compuestas, con una altura comprendida entre 0,60 m y 1,80 m, aunque se suelen encontrar plantas de mayor desarrollo. Crece en lugares húmedos y bajos, en bañados y esteros, principalmente en el noreste argentino, pero también se la conoce en Uruguay, Paraguay y Brasil.

En la provincia de Entre Ríos es muy abundante y su empleo popular muy difundido, ya que la infusión de sus hojas y tallos tiernos presenta propiedades medicinales para los desarreglos intestinales, digestiones lentas y/o pesadas, etc.

Esta hierba también es conocida con los siguientes nombres científicos: *Gnaphalium suaveolens* (Velloso), *Conyza sagittalis* (Lamarck), *Louchanthera sagittalis* (Lessing), *Pluchea quitoc* (De Candolle), *Pluchea twediana* (Hooker), *Pluchea suaveolens* (Velloso), etc. Los nombres comunes son, entre otros, los siguientes: "Lusera", "Lucero", "Quitoque", "Quitoco", "Quitoc", "Hierba Lusera", "Lucerilla", "Yerba del Lucero", "Yerba Lucera", etc.

Cabe aclarar que con los últimos nombres no se la debe confundir con la labiada *Hyptis verticillata* (Jacq.), la que también es conocida como "Yerba del toro", ni tampoco con la gramínea *Cenchrus carolinianus* muy extendida en Córdoba y en San Luis y cuyos otros nombres vulgares son también "Lucero", "Lucerilla", "Flechilla", "Roseta", "Rosetilla", etc.

Las características botánicas de la *Pluchea sagittalis* ([1, 2, 3, 4, 5]) y la composición de su aceite esencial ([6, 7]) han sido también estudiados por otros investigadores. Asimismo, en un trabajo anterior ([8]) uno de los autores y sus colaboradores habían estudiado los aspectos ecológicos, taxo-morfológicos y anátomo-histológicos relativos al vegetal, como así también la investigación de la composición química del aceite esencial de la *Pluchea sagittalis.*

En dicho estudio se habían encontrado entre otros compuestos dos hidrocarburos sesquiterpénicos, cuya presencia natural en los vegetales y/o sus aceites esenciales, aún no está bien dilucidada. Estos hidrocarburos sesquiterpénicos son el cariofileno y el humuleno.

Glichitch R. y Naves Y. R. ([9]) señalan en sus trabajos sobre el aceite esencial de las flores del ylang-ylang, que cuando dicho vegetal es sometido a una extracción por solvente volátil inerte, rinde menor cantidad de esencia que cuando se lo somete a una destilación por arrastre con vapor de agua. Esto indicaría, señalan los mismos autores, que no todos los componentes volátiles preexisten, sino por el contrario, que muchos de ellos se formarían por degradaciones de otras substancias más complejas durante la destilación por arrastre.

W. Treibs ([10]) encontró en la esencia de clavo de olor el epoxi-dihidrocariofileno y supuso que el hidrocarburo sería el que engendraría al óxido, por lo cual le otorgó al cariofileno origen biológico. El mismo Y. R. Naves ([11]) se opuso a Treibs, señalando que en el aceite esencial de clavo, el óxido de cariofileno es un producto biológico, pero no así el cariofileno, el que se formaría de este precursor, durante la destilación por arrastre.

También Glichitch y Naves ([12, 13]) extienden la aseveración de que el cariofileno no es un producto natural, y sí lo es de degradaciones de moléculas más complejas para sus estudios sobre la lavanda. De la misma manera, Hassels-

tron, Hewitt, Konigsbacher y Ritte ([14, 15]) establecieron para la esencia de pimienta negra que el cariofileno no es un producto natural. En 1960, Naves ([16]) confirmó que el cariofileno no es un producto biológico en las esencias de ylang-ylang, clavo de olor y lavanda. Más recientemente, en 1964, Naves y Ardizio ([17]) confirmaron nuevamente que para la esencia de ylang-ylang, el cariofileno se produce por degradaciones de substancias complejas y que lo mismo sería para las esencias de clavo y pimienta negra.

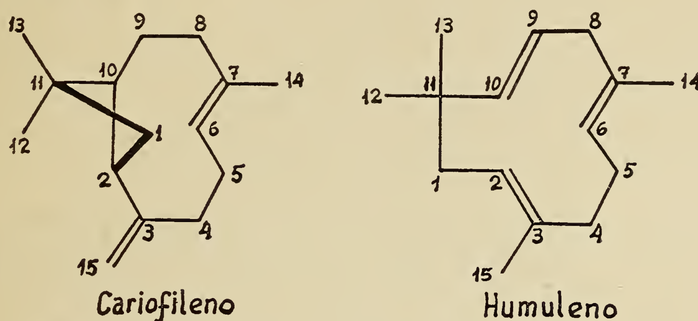


Fig. 1. — Fórmulas del cariofileno y humuleno

El objetivo de este trabajo es el de tratar de determinar en lo posible, si en la esencia de *Pluchea sagittalis* (Lusera), el cariofileno y el humuleno podrían ser considerados productos biológicamente naturales o si provendrían de substancias más complejas, las que se degradacían por efecto del calor y del vapor de agua en la destilación por arrastre como lo sostienen Y. R. Naves y otros investigadores.

En el trabajo anterior *(op. cit.* [8]), el aceite esencial se había obtenido empleando la destilación por arrastre con vapor de agua y se encontraron los siguientes componentes principales: d-alfa-pineno, canfeno, cineol, p-cimeno, linalol, e-alcanfor, alfa-terpineol, borneol, cariofileno, humuleno, y la muy posible presencia de acetato de geranilo y geraniol, los que fueron identificados en base a los índices de retención de Kováts para cromatografía en fase gaseosa.

Para que las substancias supuestamente generadoras de los terpenos no pudieran contar ahora con los efectos del calor y del vapor de agua para posibles hidrólisis degradativas u otras posibles transformaciones facilitadas por los mismos, se utilizó para extraer la esencia, el método del solvente volátil inerte, eligiéndose el éter de petróleo 60-80°, según lo aconsejado por E. Guenther ([18]).

PARTE EXPERIMENTAL

Obtención del aceite esencial: El material vegetal fue recolectado por personal perteneciente a la Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Santa Fe, en la zona de la Estación Experimental "Lorenzo Parodi", en la cuña boscosa santafecina, Distrito de Fortín Olmos, Departamento Vera de la provincia de Santa Fe, Argentina, en los primeros días del mes de marzo de 1971. El vegetal se encontraba en completo estado de floración y llegó a nuestro laboratorio unos 5-7

días después de su recolección, dejándoselo secar a la sombra, en capas delgadas, durante 18-20 días. Fueron tratados 6,96 kgs de material vegetal seco, por el método del lecho sólido estacionario. Cada kilogramo del mismo se sometió a la acción de 10 litros de éter de petróleo, usando el solvente fresco en el material más agotado. El éter de petróleo 60-80° se eliminó por destilación a presión reducida. Para ello se empleó una columna de fraccionamiento tipo "Rechenberg", de vidrio "Pyrex" de 50 cm de longitud por 3,2 cm de diámetro interno, rellena con anillos de vidrio tipo Raschig de 5 por 5 mm. En la parte superior se colocó un deflegmador para condensar el reflujo con un largo útil de 12,5 cm y en el brazo lateral superior de la columna se encontraban el termómetro y la conexión para el manómetro. Para regularizar la ebullición en el balón se empleó un tubo capilar por el que se hacía pasar una corriente continua de anhídrido carbónico a fin de evitar posibles oxidaciones.

Se comenzó con una presión de 190 torr. y una temperatura de 22° C. Los últimos restos del solvente se eliminaron a 20 torr. con una temperatura de 26°. Las características del residuo son:

Aspecto pastoso, color pardo oscuro, olor alcanforáceo, intervalo de fusión 23-28°, $n_4^{20°}$ = 0,9536, $d_D^{20°}$ = 1,5116, rendimiento respecto al material vegetal seco 1,83 %. Este resinoide se destiló al vacío con corriente de anhídrido carbónico obteniéndose dos fracciones, las que fueron analizadas por cromatografía en fase gaseosa, comprobándose que la primera era más rica en productos livianos y la segunda en productos pesados. Posteriormente se aumentó el vacío obteniéndose 1,024 g más de aceite esencial, el que también fue analizado por cromatografía gaseosa mostrando un mayor enriquecimiento en productos pesados. Las propiedades halladas fueron las siguientes:

Fracción 1: 23 torr., 44-58°, color amarillento, olor alcanforáceo, $d_4^{20°}$ = 0,9276, $n_D^{20°}$ = 1,4790, $[\alpha]_D^{20°} = +\ 10{,}4°$

Fracción 2: 1 torr., 28-72°, color amarillento, olor alcanforáceo, $d_4^{20°}$ = 0,9382, $n_D^{20°}$ = 1,4874, $[\alpha]_D^{20°} = +\ 12{,}6°$

Fracción 3: 3×10^{-1} torr., 62-66°, color amarillo oscuro, olor fuertemente alcanforado, $d_4^{20°}$ = 0,9478, $n_D^{20°}$ = 1,4996, $[\alpha]_D^{20°} = +\ 15{,}2°$

El total de la esencia obtenida fue de 8,250 g y como en los análisis por cromatografía gaseosa no mostraron diferenciaciones apreciables se unieron las tres fracciones en una sola. Después de eliminar ácidos y fenoles por lavado con solución acuosa de hidróxido de sodio al 5 %, la esencia fue nuevamente analizada por cromatografía gaseosa. Los datos del cromatograma obtenido se presentan en la tabla 1, mientras que la tabla 2 presenta el mismo análisis para la esencia obtenida empleando la destilación por arrastre con vapor de agua del trabajo anterior *(op. cit.*[8]).

Cromatografía en fase gaseosa: Aparato: Cromatógrafo para gases Perkin Elmer modelo 116 T, con detector de conductividad térmica. Gas de arrastre: Nitrógeno puro y seco, "4 bandas", caudal 30 ml/min a temperatura de columna, temperatura de trabajo 175° (isotérmico). Columnas analíticas: Tubos de aluminio de 200 cm de longitud por 0,62 cm de diámetro exterior, doblados en "W". Se emplearon columnas colocadas en serie, totalizando 400 cm de longitud.

Rellenos utilizados en las columnas cromatográficas analíticas:

a) Carbowax 20 M, Carlo Erba al 15 % en peso sobre Chromosorb "P" silanizado, de Carlo Erba, malla 70-80.
b) Grasa Apiezón "L" de la A.B.I. Metropolitan Vickers & Co., al 15 % en peso sobre "Celite" B.D.H., 545, malla 70-80.
c) "Emulphor O.U." de BASF A.G. al 15 % en peso sobre "Celite" 545, B.D.H., malla 70-80.
d) "Hyprose S.P. 80", de Carlo Erba, al 15 % en peso sobre Chromosorb "P" malla 70-80. La preparación de los distintos rellenos se efectuó siguiendo la misma técnica descripta en un trabajo anterior ([19]).

TABLA 1

Cromatograma de la esencia completa de « Pluchea sagittalis » (Lam.) Cabr.
(Solvente inerte)

Cromatógrafo para gases Perkin Elmer 116 T, Detector a termistores
Gas portador : Nitrógeno 4 bandas a 30 ml/min.
Temperatura de trabajo : 175° (Isotérmico)
Longitud de columna : 400 cm. Diámetro de la columna : 0,6 cm.
Relleno : « Carbowax 20 M », al 15 °/₀ en peso sobre Chromosorb « P »
Atenuación : × 1

Pico registrado	Esencia de *Pluchea sagittalis* completa			Sustancias patrones cromotografiadas en iguales condiciones experimentales			
	t_R mm	t_R min	t_R^{rel}		t_R mm	t_R min	t_R^{rel}
1.......	34,0	0,5	0,200	α-Pineno	34,0	8,5	0,200
2.......	40,0	10,0	0,236	Canfeno	40,0	10,0	0,236
3.......	46,4	11,7	0,276	—	—	—	—
4.......	53,2	13,3	0,314	—	—	—	—
5.......	60,0	15,0	0,354	Cineol	60,4	15,1	0,356
6.......	67,2	16,8	0,396	p-Cimeno	67,2	16,8	0,397
7.......	90,0	22,5	0,530	—	—	—	—
8.......	107,6	26,9	0,634	—	—	—	—
9.......	130,0	32,5	0,766	Linalol	130,0	32,5	0,768
10.......	169,6	42,4	1,000	Alcanfor	169,4	42,3	1,000
11.......	186,0	46,5	1,096	—	—	—	—
12.......	224,0	56,0	1,320	Cariofileno	224,4	56,1	1,326
13.......	243,6	60,9	1,436	α-Terpineol	243,2	60,8	1,437
14.......	260,4	65,1	1,535	Borneol	260,4	65,1	1,539
15.......	276,6	69,9	1,627	Humuleno	274,4	68,6	1,621
16.......	300,0	75,0	1,768	Acetato de Geranilo	300,4	75,1	1,775
17.......	365,2	91,3	2,153	Geraniol	366,0	91,5	2,163

Sustancia de referencia : Alcanfor.

TABLA 2

Cromatograma de la esencia completa de « pluchea sagittalis » (Lam.) Cabr.
Extracción : Destilación por arrastre con vapor de agua

Idénticas condiciones que las indicadas en la Tabla 1

Pico registrado	Esencia de *Pluchea sagittalis* completa			Sustancias patrones cromatografiadas en iguales condiciones experimentales			
	t_R mm	t_R min	t_R^{rel}		t_R mm	t_R min	t_R^{rel}
1.......	34,0	8,5	0,200	α-Pineno	34,0	8.5	0,200
2.......	40,0	10,0	0,236	Canfeno	40,0	10,0	0,237
3.......	46,8	11,8	0,277	—	—	—	—
4.......	53,6	13,4	0,316	—	—	—	—
5.......	60,4	15,1	0,356	Cineol	60,4	15,1	0,358
6.......	67,2	16,8	0,396	p-Cimeno	67,2	16,8	0,398
7.......	90,4	22,6	0,536	—	—	—	—
8.......	107,6	26,9	0,634	—	—	—	—
9.......	130,0	32,5	0,766	Linalol	130,4	32,6	0,769
10.......	169,5	42,4	1,000	Alcanfor	169,4	42,3	1,000
11.......	186,4	46,6	1,097	—	—	—	—
12.......	224,0	56,0	1,320	Cariofileno	224,4	56,1	1,325
13.......	243,6	60,9	1,436	α-Terpineol	243,6	60,9	1,437
14.......	260,4	65,1	1,535	Borneol	260,4	65,1	1,539
15.......	276,0	69,0	1,627	Humuleno	276,0	69,0	1,625
16.......	300,0	75,0	1,768	Acetato de Geranilo	300,4	75,1	1,775
17.......	365,2	91,3	2,153	Geraniol	365,0	91,5	2,163

Sustancia de referencia : Alcanfor.

En ambos cromatogramas, la comparación de los tiempos de retención de los diversos componentes de ambos aceites esenciales con el de otras substancias utilizadas como patrones y cromatografiadas en idénticas condiciones, permitió ubicar en un primer intento, a varios de dichos componentes.

Destilación por arrastre con vapor de agua del vegetal agotado: El material vegetal agotado que había sido extraído con éter de petróleo, se dejó secar al aire y luego se sometió a una destilación por arrastre con vapor de agua, no obteniéndose esencia en forma directa. Las aguas de arrastre se sometieron a una extracción con éter etílico libre de peróxidos, obteniéndose 0,148 g de esencia, la que fue sometida a un análisis por cromatografía gaseosa, mostrando los picos anteriores bastante disminuidos, lo que podría explicarse por las volatilizaciones conjuntas del solvente y pérdidas en la destilación por arrastre. Los picos correspondientes al cariofileno, alfa-terpineol, borneol y humuleno estaban apenas insinuados, mientras que no era posible ubicar los picos 3, 4, 7, 8, y 11 (ver tabla 1).

TABLA 3

Cromatografía de adsorción sobre alúmina del aceite esencial de «Pluchea saggittalis»

Fracción	Volumen (ml)	Eluente	Peso en gramos	Observaciones
1..........	180	E. P.	—	No dejó residuo
2..........	25	»	—	Vestigios
3..........	25	»	0,26	Residuo aceitoso
4..........	25	»	0,44	»
5..........	25	»	0,94	»
6..........	25	»	0,62	»
7..........	25	»	0,34	»
8..........	25	»	—	Vestigios
9..........	50	E. P.+B.	—	No dejó residuo
10..........	50	»	—	»
11..........	50	»	—	»
12..........	50	»	—	»
13..........	50	B.	—	Vestigios
14..........	50	»	0,84	Residuo aceitoso
15..........	25	»	1,34	»
16..........	25	»	1,22	»
17..........	25	»	—	Vestigios
18..........	25	B.+Clor.	—	No dejó residuo
19..........	25	»	—	»
20..........	50	»	—	»
21..........	50	»	—	»
22..........	50	Clor.	—	Vestigios
23..........	50	»	0,26	Residuo aceitoso
24..........	25	»	0,40	»
25..........	25	Clor.+A.	0,34	»
26..........	50	»	0,18	»
27..........	50	»	—	No dejó residuo
28..........	50	A.	—	»
29..........	50	»	—	»
30..........	50	A+MeOH	—	»
31..........	50	»	—	»
32..........	50	»	—	»
33..........	50	»	—	»
34..........	50	MeOH	—	»
35..........	50	»	—	»
36..........	50	»	—	»
37..........	150	»	—	»

E. P. .... Eter de Petróleo
B. .... Benceno
Clor. .... Cloroformo
A. .... Acetona
MeOH .... Metanol

Destilación por arrastre con vapor de agua del residuo no destilable del resinoide: El pequeño residuo de la destilación al vacío del resinoide fue sometido a una destilación por arrastre con vapor de agua, no obteniéndose esencia en forma directa. De las aguas de arrastre, se obtuvo por extracción con éter etílico libre de piróxidos, una cantidad de substancia prácticamente despreciable y muy viscosa, de color pardo y casi sin olor. Analizada por cromatografía gaseosa, no mostró picos que podría pensarse sean debidos al cariofileno, humuleno, isocariofileno ni óxido de cariofileno. El espectro I.R. tampoco mostró estas substancias.

Cromatografía de adsorción. Fraccionamiento de la esencia en columna de alúmina: Habiéndose comprobado que la cromatografía de adsorción sobre alúmina no produce, en las condiciones experimentales utilizadas, ninguna alteración sobre los compuestos en estudio (cariofileno, humuleno, isocariofileno y óxido de cariofileno) ([20]), y también ensayada por nosotros con el mismo fin arribando al mismo resultado, se empleó la misma para separar los distintos componentes del aceite esencial. Se usó para ello una columna de vidrio "Pyrex" de 17 mm de diámetro interno por 1.250 mm de longitud.

Como eluentes fueron empleados los siguientes solventes: éter de petróleo 60-80°, benceno, cloroformo, acetona y metanol. Se pasaron por dicha columna 8,140 g de esencia completa libre de ácidos y fenoles, disuelta en 50 ml de éter de petróleo (ver tabla 3).

Se recolectaron siete fracciones de 25 ml cada una, se les eliminó el solvente y se analizaron separadamente por cromatografía gaseosa. Al no observarse diferenciaciones muy apreciables, fueron reunidas en una única porción que también fue sometida al análisis por cromatografía gaseosa y cuyo cromatograma se presenta en la tabla 4. De la misma manera, cada una de las fracciones de la cromatografía de adsorción sobre alúmina fue analizada por cromatografía gaseosa. Como el principal objetivo de este estudio estaba centrado en la posible presencia natural del cariofileno y humuleno, se prestó especial atención a la fracción del cromatograma de la tabla 4, no tratando de individualizar nuevos componentes en las restantes fracciones, sobre todo teniendo en cuenta que en el trabajo anterior (*op. cit.* [8]) habían sido individualizados los considerados como principales.

Cromatografía en fase gaseosa preparativa: Se empleó el mismo equipo cromatográfico, pero se cambiaron las columnas analíticas por una columna preparativa, Perkin Elmer de 267 cm de longitud por 2,55 cm de diámetro exterior. El relleno era Carbowax 20 M al 20 % en peso sobre "Celite 545 B.D.H.", malla 30-50. Para la recolección se usaron trampas de vidrio "Pyrex" en forma de "U", con un ensanchamiento en su parte inferior, con 52 mm de longitud cada rama, mientras que el diámetro interno de cada una es de 3 mm. Una de las ramas termina en un estrecho capilar doblado hacia abajo y la otra se une a la salida de la columna mediante un pico de jeringa hipodérmica. Como substancia refrigerante se utilizó una mezcla de nieve carbónica y acetona contenida en un termo. La porción cuyo cromatograma se presenta en tabla 4, es la que se sometió a la cromatografía gaseosa preparativa, recogiéndose solamente los picos que por sus tiempos de retención se supone sean cariofileno y humuleno (picos 4 y 5 de la tabla 4). Se efectuaron cinco inyec-

TABLA 4

Cromatograma gas-líquido de las fracciones 2 a 8 reunidas en una sola de la cromatografía sobre la columna de alúmina

Idénticas condiciones que las indicadas en Tabla 1

Pico registrado	t_R mm	t_R min	t_R^{rel}	Sustancias patrones cromatografiadas en iguales condiciones experimentales			
					t_R mm	t_R min	t_R^{rel}
1.......	34,0	8,5	0,200	α-Pineno	34,0	8,5	0,200
2.......	40,0	10,0	0,236	Canfeno	40,0	10,0	0,236
3.......	67,2	16,8	0,396	p-Cimeno	67,2	16,8	0,396
—	—	—	—	Alcanfor	169,6	42,4	1,000
4.......	224,4	56,1	1,326	Cariofileno	224,4	56,1	1,326
5.......	276,0	69,0	1,627	Humuleno	276,0	69,0	1,627

Sustancia de referencia : Alcanfor.

ciones de 0,5 ml cada una y los picos recolectados presentaron las siguientes propiedades físicas:

Cariofileno: $d_{4^\circ}^{20^\circ} = 0{,}9047$; $n_D^{20^\circ} = 1{,}4995$; $[\alpha]_D^{20^\circ} = -9{,}1^\circ$

Humuleno: $d_{4^\circ}^{20^\circ} = 0{,}8957$; $n_D^{20^\circ} = 1{,}5018$; $[\alpha]_D^{20^\circ} = +1{,}0^\circ$

Como prueba adicional, se efectuó un cromatograma gas-líquido inyectando una mezcla de la esencia completa (30 μl) con cariofileno "standard" (10 μl) pudiéndose observar el crecimiento del pico 12 del cromatograma tabulado en la tabla 1. Igualmente, inyectando una mezcla de 30 μl de esencia con 10 μl de humuleno "standard", se pudo observar el crecimiento del pico 15. De la misma manera, se inyectaron mezclas de la porción del cromatograma de la tabla 4 con cariofileno y humuleno, observándose el crecimiento de los picos 4 y 5, respectivamente, del cromatograma de la tabla 4. Esto se efectuó con distintas fases estacionarias y a distintas temperaturas (*op. cit.*[19]) ([21]).

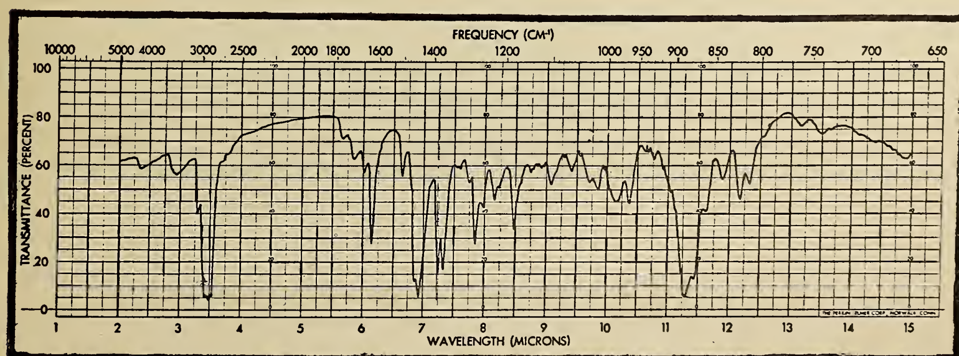


Fig. 2. — Espectro I.R. del Cariofileno de la esencia *P. sagittalis*

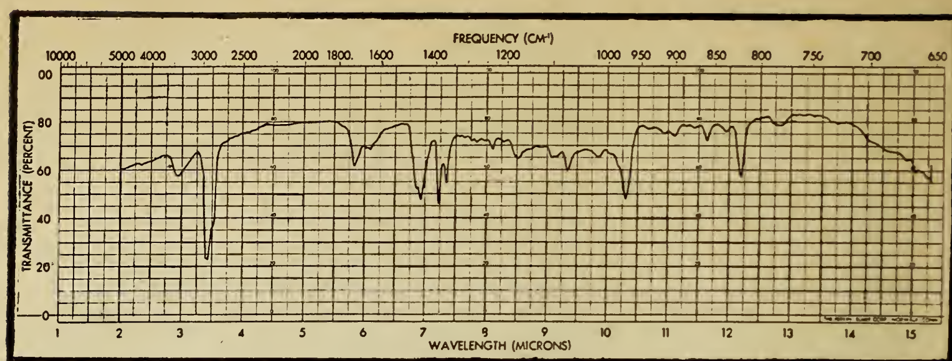


Fig. 3. — Espectro I.R. del Humuleno de la esencia *P. sagittalis*

Posteriormente, las dos fracciones recolectadas por cromatografía gaseosa preparativa fueron sometidas a un análisis por espectrometría de infrarrojo, utilizando un espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo 21. Los espectros obtenidos se muestran en las figuras 2 y 3, los que comparados con los dados en la literatura ([22, 23]) y con substancias tomadas como "standards", confirman que dichas substancias son cariofileno y humuleno, respectivamente, lo cual demostraría su muy posible existencia natural en la *Pluchea sagittalis.*

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Según algunos investigadores, para el caso de las esencias de clavo de olor, ylang-ylang y pimienta negra, el cariofileno se produciría por hidrólisis degradativa de substancias más complejas y ello se llevaría a cabo cuando se emplea para la extracción de la esencia la destilación por arrastre con vapor de agua.

En la esencia de *Pluchea sagittalis,* uno de los autores y sus colaboradores habían establecido entre otros compuestos, la presencia del cariofileno y humuleno, de aquí que parecía conveniente tratar de determinar si ambos hidrocarburos sesquiterpénicos existen naturalmente como tales en la planta o bien se formarían a partir de substancias más complejas a semejanza de los casos citados anteriormente. Para ello, se empleó el método del solvente volátil inerte, eliminando el mismo cuidadosamente por evaporación al vacío.

La cantidad reducida de aceite esencial obtenida (unos 8,250 g) fue factor preponderante que tornó bastante difícil el presente estudio. No obstante, la combinación de las técnicas cromatográficas y espectrométricas descriptas permitieron la confirmación de componentes hallados anteriormente, a la vez que posibilitaron pensar en la muy posible presencia natural del cariofileno y humuleno en el vegetal estudiado. Asimismo se debe señalar que en ningún momento durante el presente estudio, los autores pudieron hallar el isocariofilenoni tampoco al óxido de cariofileno, siendo esta última substancia considerada por Naves como precursora del cariofileno.

De acuerdo al análisis por cromatografía en fase gaseosa de la esencia extraída por solvente volátil inerte (éter de petróleo) y de su comparación con el mismo análisis realizado para la esencia extraída empleando la desti-

lación por arrastre con vapor de agua del trabajo anterior *(op. cit.*[8]), surge que ambas esencias poseen una composición química similar. Al no haberse obtenido cantidades realmente significativas de aceite esencial enriquecido en compuestos terpénicos al someter a una destilación por arrastre con vapor de agua el material vegetal agotado de la extracción por solvente, y al no haberse podido apreciar incrementos en los picos que se suponen corresponden al cariofileno y humuleno en el análisis por cromatografía gaseosa, indicaría que la pequeña cantidad de esencia no es otra cosa que restos de la misma no extraída completamente del vegetal durante el tratamiento con éter de petróleo. Esto parecería más lógico que pensar que dicha esencia sea debida a productos de degradaciones de substancias más complejas, sobre todo por la presencia disminuida de los picos más importantes que se encuentran en el aceite esencial obtenido a partir del resinoide.

Por otro lado, los residuos del resinoide obtenidos después de destilada la esencia al vacío y analizados por cromatografía gaseosa y espectrometría en I.R., tampoco mostraron cariofileno, humuleno, isocariofileno ni óxido de cariofileno. Se podría pensar entonces que para la *Pluchea sagittalis* (Lam.) Cabr. y su aceite esencial, tanto el cariofileno como el humuleno no se formarían por hidrólisis degradativa de las substancias insolubles en éter de petróleo y que, muy posiblemente, dichos hidrocarburos sesquiterpénicos existirían naturalmente.

CONCLUSIONES

Comparando los aceites esenciales de la *Pluchea sagittalis* extraídos por destilación con arrastre de vapor de agua y con solvente volátil inerte (éter de petróleo), ambos resultaron prácticamente iguales desde el punto de vista cualitativo. La presencia en ambos aceites esenciales de los hidrocarburos sesquiterpénicos cariofileno y humuleno indicaría que los mismos se encontrarían naturalmente como tales en la planta estudiada y su presencia en los aceites esenciales obtenidos de dicho vegetal no provendría de las probables degradaciones de moléculas más complejas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de la Dirección General de Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Santa Fe, Argentina, la recolección, clasificación botánica y transporte del material vegetal estudiado hasta nuestro laboratorio.

Al Ing. Juan A. Retamar, Director del Instituto de Química Orgánica de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, por el envío y obsequio de algunos patrones cromatográficos.

Al personal del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina, Ing. Enrique Castelao y Lic. Argelia Lenardón de Casablanca por la realización de los espectros infrarrojos del presente estudio. A la Lic. Elena

Aríngoli por su ayuda durante las extracciones de la esencia. Al Lic. Juan Bressan por la realización de algunos cromatogramas. Al técnico en vidrio señor Antonio Pareja, por la realización de las columnas de destilación, columnas para la cromatografía de adsorción, trampas para recolección usadas en cromatografía gaseosa preparativa y otros dispositivos de vidrio utilizados en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Domínguez, J. A., Contribución a la Materia Médica Argentina. Synopses Mat. Medicae Argentinae. J. Peuser, p. 128, (1928).
2. Parodi, L. R., Revista Argent. Agr., 1, 108, (1934).
3. — Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Vol. 1, ACME edit., Buenos Aires, Argentina, (1959).
4. Cabrera, A. L., Rev. Mus. de La Plata, Botán., 4, 132, (1941).
5. — Flora de la Prov. de Buenos Aires, Parte VI, Compuestas, Colec. Cient. INTA, Bs. Aires, (1963).
6. Fester, G. A., Martinuzzi, F., Retamar, J. A. y Ricciardi, A. I. A., Rev. Fac. Ing. Qca. Santa Fe, Argentina, 24, 38, 37, (1955).
7. Fester, G. A., Martinuzzi, E. A., Retamar, J. A. y Ricciardi, A. I. A., Aceites Esenciales de la Rep. Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina, pág. 51-52, (1961).
8. Talenti, E. C. J., Manzi, R., Tedone, F. A., Aringoli, E. y Yunes, R. A., Rev. Fac. Ing. Qca., Santa Fe, Argentina, 38, 251-68, (1969).
9. Glichitch, R. y Naves, Y. R., Chim. e Ind., 556-562 (1932), N° espec.
10. Treibs, W., Chem. Ber., 80, 56, (1947).
11. Naves, Y. R., Helv. Chim. Acta, 31, 378, (1948).
12. Glichitch, R. y Naves, Y. R., Parfums de France, 8, 350, (1930).
13. Naves, Y. H., Helv. Chim. Acta., 42, 1962, (1952).
14. Hasselstron, T., Hewitt, E., Konigsbacher, K. y Ritter, J. J., Amer. perfum. and Arom., p. 43, (1957).
15. — Journ. of Agric. and Food Chem., 5, 53-55, (1957).
16. Naves, Y. R., Helv. Chim. Acta., 43, 1616 (1960).
17. Naves, Y. R. y Ardizzio, P., Helv. Chim. Acta, 47, 11-15, (1964).
18. Guenther, E., « The Essential Oils », T. 1, Van Nostrand Co. 200-204 (1949).
19. Yunes, R. A. y Talenti, E. C. J., Rev. Fac. Qca. Santa Fe, Argentina, 35, 11-23, (1966).
20. Ricciardi, A. I. A. y Yunes, R. A., Rev. Fac. Ing. Qca., Santa Fe, Argentina, 33/34, 43-49, (1964/65).
21. Yunes, R. A., Talenti, E. C. J. y Luisetti, R. U., Rev. Fac. Ing. Qca., Santa Fe, Argentina, 37, 85-97, (1968) 1ª Parte.
22. Pliva, J., Horak, M., Herout, V. y Sorm, F., Terpenspektren, S. 176.
23. — Terpenspektren, S. 30.

ESTUDIO DE LA CORROSION Y PASIVACION DEL HIERRO EMPOTRADO EN PROBETAS DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND PUROS Y ADICIONADOS CON ESCORIAS GRANULADAS DE ALTOS HORNOS

Por A. E. CHAROLA y H. A. de ALDERUCCIO

RESUMEN

Debido al interés creciente acerca del efecto que produce el agregado de escorias granuladas de alto horno al cemento portland y su posible incidencia sobre las armaduras empotradas en hormigones preparados a partir de estos cementos, fue realizado este trabajo.

Se prepararon diferentes tipos de probetas: con hierros tensados y sin tensar, con cementos portland de diferentes marcas, puros o con agregados crecientes de escorias (provenientes de los altos hornos de Somisa o de Zapla). Las probetas se conservaron en cámara húmeda o en contacto con medios agresivos (solución de ClNa 1 °/₀).

Las probetas se ensayaron a diferentes edades, midiendo sus potenciales de roposo, registrando las curvas potenciocinéticas y los potenciales de retorno en función del tiempo y practicando observaciones visuales y microscópicas de los cambios de la superficie de los hierros empotrados.

Las curvas potenciocinéticas obtenidas fueron estudiadas y se midieron la extensión y la densidad de corriente de la zona de pasivación, así como las resistencias de polarización a fin de poder determinar las diferentes manifestaciones de pasivación obtenidas de los hierros empotrados en los diferentes medios.

SUMMARY

This paper obeys to the increasing interest in the effect on embedded reinformecent, of addition of granulated blast furnace slags to portlannd cement.

Different types o specimens were prepared: with iron under tension and with common steel; with different portland cement brands, with and wihtout the addittion of blas furnacs. The specimens were kept in constant humidity room or in an aggressive medium (1 °/₀ ClNa solution.

The specimens were tested at different ages, measuring their potential, registering potentiokinetic curves and relaxation potentials with time.

The potenciokinetic curves were studied. The length and the current density of the passivation range was measured. The polarization resistance was calculated so as to be able to determine the different stages of passivation attained by the embedded reinforcemet in each of the different media.

* Realizado en los laboratorios de Obras Sanitarias de la Nación, con la colaboración de: Calera Avellaneda, Corporación Cementera Argentina, Compañía Argentina de Cemento Portland, y Compañía Sudamericana de Cemento Portland, Juan Minetti e hijos.

Debido al auge casi explosivo de la actividad constructiva en 1968, las industrias cementeras nacionales procuraron obtener el mayor rendimiento posible de sus instalaciones y fue entonces que algunas de ellas consideraron la posibilidad de un total aprovechamiento del plus de su capacidad de molienda con relación a su capacidad de producción de clinker. Para cumplir dicha finalidad, la orientación estuvo dirigida hacia un producto que posee buenas condiciones de aglomerante hidráulico cuando se lo mezcla con clinker en proporciones adecuadas, como lo es la escoria granulada de alto horno. Los antecedentes mundiales existentes hacen ver que este producto es usado en dos condiciones diferentes: como una adición al cemento portland normal en proporción de hasta el 10 % o para la fabricación de los llamados cementos siderúrgicos, en proporciones que llegan hasta el 65 %.

Favorecía esta posibilidad la circunstancia de la existencia de escoria en los altos hornos de Somisa en San Nicolás y de Fabricaciones Militares en Palpalá (Jujuy), que hasta la fecha tienen un uso muy restringido, resultando ser un sub-producto inaprovechado.

La consideración de la posibilidad de adicionar hasta un 10 % de escoria motivó, a pesar de la existencia de los antecedentes extranjeros, la necesidad de encarar una investigación que diera seguridad respecto a que la adición propuesta no desmejorara ninguna de las buenas cualidades de los cementos portland de fabricación nacional a los que iba a ser agregada. Hubo concenso en ese sentido entre todos los sectores involucrados en el problema.

Nos referiremos en este trabajo exclusivamente al problema de la pasivación o corrosión del hierro empotrado en morteros con escorias, desarrollado en el Laboratorio de Obras Sanitarias de la Nación, con el apoyo económico de Calera Avellaneda, Compañía Argentina de Cemento Portland, Corporación Cementera Argentina y Compañía Sud-Americana de Cemento Portland, Juan Minetti e hijos.

El estudio referente a la corrosión y pasivación de hierros empotrados en probetas de mortero, con y sin escoria, se efectuó mediante el trazado de curvas potenciocinéticas, la ubicación de la zona de pasivación y la posición del potencial de reposo dentro de ella, comparándose los resultados obtenidos para morteros de cemento puro y para morteros de cemento con un agregado de hasta un 10 % de escoria. Para todas estas medidas se utilizó un potenciostato Tacussel.

Se escogió para este trabajo, una velocidad de barrido de 10 mV/min, velocidad a la que se obtuvieron curvas semejantes a las obtenidas potenciostáticamente, y considerando que Bäumel, en estudios similares, trabajó potenciostáticamente, pero con una relación de cambios de potencial promedio de 20 mV/min [1].

Se realizaron varias series de ensayos, no sólo con diferentes marcas de cemento y distintas proporciones de escoria agregada, sino que también se variaron las formas de las probetas a fin de comprobar cuál de ellas daba mejores resultados en cuanto a reproductibilidad.

La primer serie de ensayos se llevó a cabo utilizando probetas prismáticas (Figura 1). Estas probetas se prepararon de la siguiente manera: hierros de 7 mm de diámetro, previamente pulidos y protegidos sus extremos con pintura epoxi-bituminosa, fueron empotrados en probetas prismáticas (4 × 4 × 16 cm) de morteros preparados con los distintos cementos a ensayar y arena normal

(según norma IRAM 1633), con un dosaje de 1:3 y una relación agua-cemento de 0,5. La superficie en contacto con el mortero es de 26,4 cm^2.

Se prepararon juegos de 8 probetas para cada muestra de los cementos remitidos por las cinco fábricas intervinientes en el estudio, correspondiendo 40 probetas a cementos sin escoria, 40 a cementos con 5 % de escoria y 40 a cementos con 10 % de escoria.

Las probetas fueron curadas 28 días en cámara húmeda. Cumplido ese lapso, de cada juego de 8 probetas, 4 se siguieron conservando en las mismas condiciones y 4 fueron sumergidas en solución de ClNa 1 %.

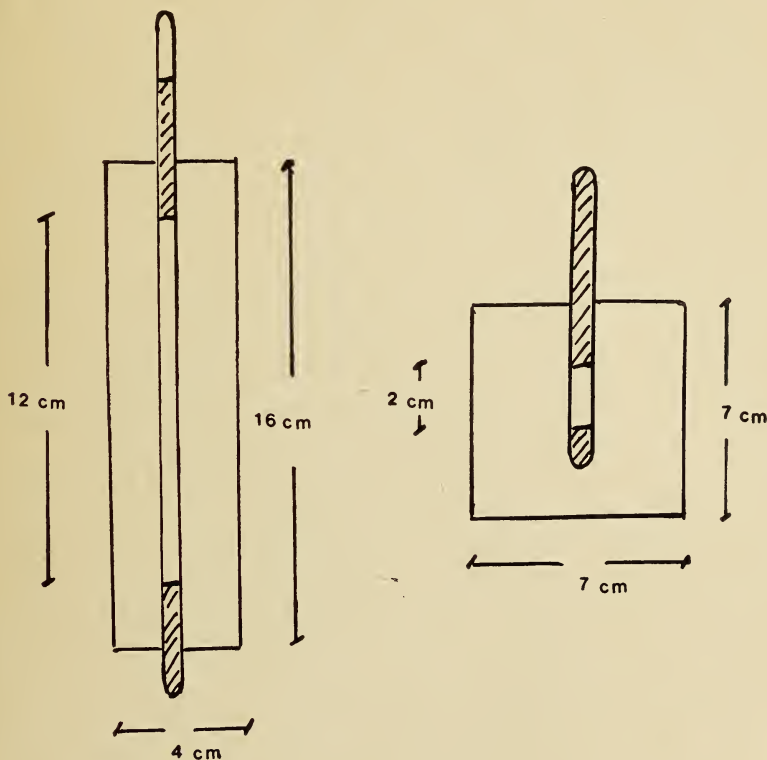


Fig. 1. — Probetas prismática y cúbica

Los potenciales de reposo fueron medidos todos los meses durante un año. Las variaciones y diferencias de potencial de reposo entre las probetas con diferente proporción de escoria, van disminuyendo al pasar el tiempo, tendiendo en general a valores más nobles (menos negativos) y siendo el potencial de reposo promedio obtenido a los 12 meses de edad, de — 0,3 V (vs. E.C.S.), independientemente de sí las probetas contenían o no escoria. El valor promedio está comprendido entre ± 0,05 V para las medidas extremas.

En cuanto a las probetas sumergidas en solución de ClNa, las variaciones del potencial de reposo con el tiempo, son semejantes a las anteriores, pero todos los valores se encuentran algo desplazados hacia potenciales más negativos, pudiéndose considerar como potencial de reposo promedio obtenido a los 12 meses de edad — 0,45 V (vs. E.C.S.) no observándose diferencias entre probetas con o sin escoria.

Para trazar las curvas potenciocinéticas se utilizó como electrodo de trabajo, la probeta preparada, haciendo la conexión por su extremo superior libre; como contraelectrodo, una lámina de acero inoxidable, y como electrodo de referencia, un electrodo de calomel saturado. No se empleó un capilar para acercar el electrodo de referencia al electrodo en estudio, ya que de acuerdo con lo indicado por Koesche, no importa la posición del electrodo de referencia, siempre que la densidad de corriente de polarización no sobrepase los 100 μA/cm^2 [2]. No obstante, se hicieron ensayos para confirmar lo dicho, empotrando capilares, no encontrándose ninguna diferencia entre los resultados obtenidos con la probeta con capilar o sin él.

Los tres electrodos citados se sumergen en una solución saturada de cal.

Las curvas potenciocinéticas fueron trazadas a los 1, 3, 6 y 12 meses de edad de las probetas. Las curvas obtenidas son del tipo que se muestra en la figura 2, donde se puede observar: una primera zona catódica de fenómenos de reducción, una pequeña zona anódica que supuestamente corresponde al hierro activo, una zona de pasivación que abarca desde los — 0,3 V a + 0,3 V y una última zona, pasando los + 0,6 V, que corresponde al desprendimiento de oxígeno.

Cuanto menor sea la densidad de corriente en la zona de pasivación, más efectiva será la pasivación que presente el metal en ese medio.

Para las probetas conservadas en cámara húmeda, los potenciales de reposo medidos antes del trazado de la curva, se ubican en todos los casos en la parte inicial de la zona de pasivación o dentro de ella (sobre todo en cementos sin escoria), observándose en general un corrimiento de los valores de los potenciales de reposo hacia la parte central de la zona de pasivación de la curva a medida que transcurre el tiempo.

Las curvas de las probetas conservadas en solución de ClNa, difieren según el contenido de alúmina del cemento. Para los cementos con un contenido bajo de alúmina (Al_2O_3 3 %), los potenciales de reposo están inicialmente en la zona de corrosión y con el tiempo van subiendo hasta ubicarse dentro de la zona de pasivación.

Para los cementos con un contenido mayor de alúmina (Al_2O_3 6 %) el potencial de reposo se mantiene siempre dentro de la zona de pasivación. Esto se puede explicar debido a la formación de sales como la sal de Friedel ($3\,CaO.Al_2O_3.Cl^2Ca.10\,H_2O$) que distrae parte del cloruro, disminuyendo de esta manera su acción agresiva [1].

En ningún caso se obtuvieron densidades de corriente mayores a 60 μA/cm^2 para valores de potencial de 0,5 V (es decir, en la parte superior de la zona de pasivación), valor que es considerado por Bäumel un límite de seguridad para la posible aparición de corrosión [1].

A partir de las curvas potenciocinéticas se ha calculado la "resistencia de polarización", definida como la relación $\Delta V/\Delta i$, obteniéndose como resultado que para todas las probetas conservadas en cámara húmeda se obtiene una resistencia de 0,35 V/μA/cm^2, valor que también es independiente del contenido de escoria. De ello se puede establecer que las probetas en cámara húmeda tienen una pasivación algo mayor, lo que está en relación con la agresividad de los medios a los que fuerons expuestas.

Probetas de referencia observadas visualmente después de un año de conservadas en cámara húmeda, o en solución de ClNa, mostraron una buena

capa de pasivación, indistintamente de sí el mortero en el cual habían estado empotradas contenía o no escoria.

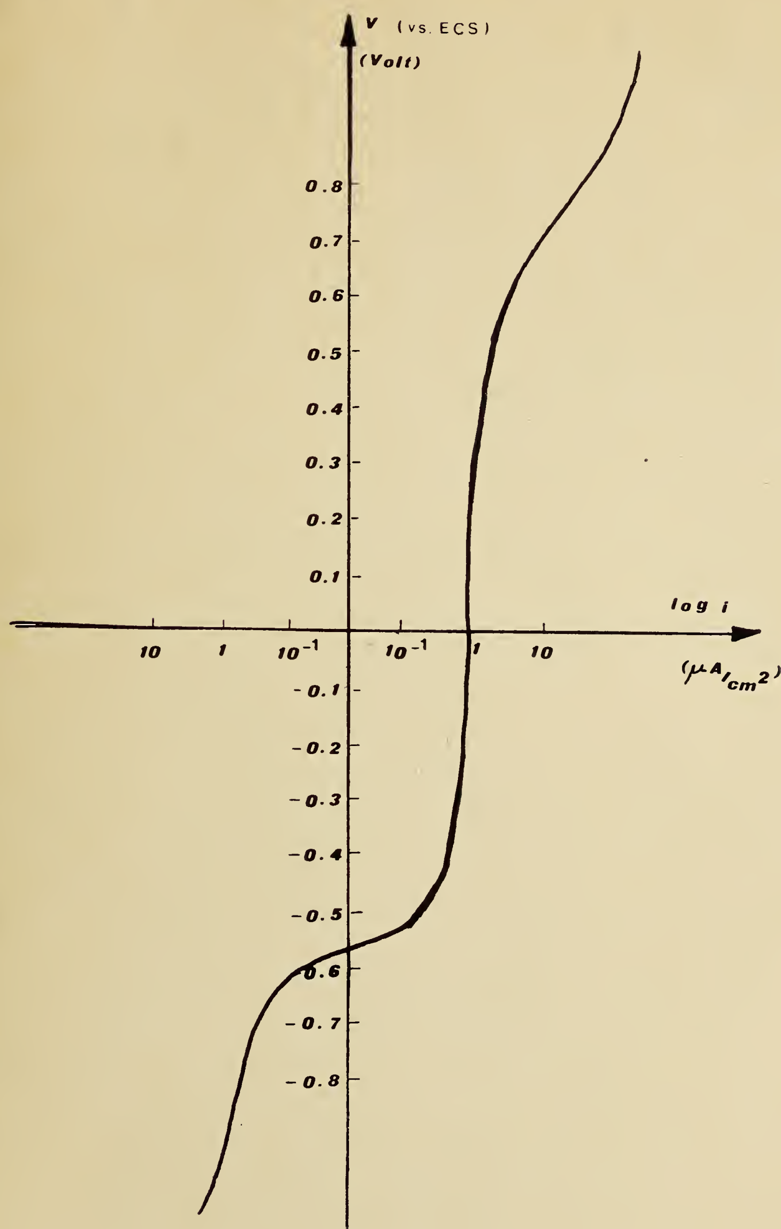


Fig. 2. — Curva potenciocinética

La segunda serie de ensayos se realizó con el mismo tipo de probeta prismática, utilizando cementos preparados en el laboratorio a partir de clinker y escorias granuladas. Se realizó este ensayo a fin de poseer probetas en las que se conociera exactamente el agregado de escoria. Se prepararon con cemento normal puro y con cementos con 5, 10, 25 y 65 % de escoria. Se hicieron dos juegos paralelos: uno con escoria granulada del alto horno de Somisa y otro con escoria de los altos hornos de Zapla. Con cada una de las escorias se prepararon 30 probetas.

Sobre las mismas se efectuó la medición de los potenciales de reposo mes por mes, hallándose que las diferencias entre las probetas con distinto porcentaje de escoria disminuyen con el tiempo. Las probetas preparadas con cementos con 65 % de escoria, mantienen aún a los 18 meses de edad una diferencia de 0,10 V (menos noble) con respecto a las probetas sin escoria. Las probetas sin escoria presentan a los 18 meses un potencial de — 0,30 V, lo que indicaría que la probeta termina de pasivarse alrededor de los 9 meses, no variando luego su potencial.

Se trazaron las curvas potenciocinéticas a los 6, 12, 15 y 18 meses de edad. Los potenciales de reposo medidos antes del trazado de la curva se mantienen dentro de la zona de pasivación para las probetas preparadas con cemento con un agregado de hasta un 25 % de escoria, pero para las probetas con un 65 % de escoria, el potencial se mantiene al comienzo de esta zona indicando que las probetas con este contenido de escoria no se pueden considerar fuera del riesgo de corrosión.

No se obtuvieron densidades de corriente mayores a 60 μA/cm^2 (medidos a 0,50 V), valor que correspondería según lo indicado por Bäumel a un riesgo de corrosión.

Probetas testigo de este grupo, observadas visualmente mostraron una buena capa de pasivación. También se han observado a microscopio en corte transversal, con 600 aumentos, no encontrándose ninguna diferencia entre las probetas sin escoria y las probetas con un 65 % de escoria.

La tercer serie se llevó a cabo con probetas cúbicas (figura 1), preparadas de la siguiente manera: hierros de 7 mm de diámetro previamente pulidos y protegidos sus extremos con pintura epoxi-bituminosa, sin dejar descubierto el extremo que sobresale del mortero, fueron empotrados en probetas cúbicas (7 × 7 × 7 cm) de morteros con cementos preparados en el laboratorio a partir de clinker y escoria molidas. Los morteros fueron preparados con estos cementos y arena normal (según norma IRAM 1633) con dosaje 1:3 y una relación agua-cemento de 0,5. La superficie en contacto con el mortero es de 4,4 cm^2.

En paralelo se preparó un juego de probetas prismáticas de características semejantes a las de los ensayos de la primer serie.

Se prepararon probetas con cemento normal sin adición de escoria, con 10 % y con 65 % de escoria.

Los potenciales de reposo fueron medidos todos los meses observándose en las probetas cúbicas valores menos negativos en todos los casos que los medidos en las probetas prismáticas, encontrándose una diferencia de 0,10 V en el promedio de ambas series.

Se encontró además, que al igual que en las probetas prismáticas, las diferencias de potencial de reposo para probetas cúbicas sin escoria y con escoria, disminuyen con el tiempo, y que alrededor de los 9 meses, los potenciales de reposo de las probetas cúbicas son prácticamente iguales, correspondiendo a un valor de — 0,15 V, mientras que para las probetas prismáticas este valor se mantiene en — 0,30 V.

Los potenciales de reposo medidos en las probetas cúbicas muestran una dispersión mucho menor en los valores obtenidos que los correspondientes a las probetas prismáticas.

La cuarta serie de ensayos fue llevada a cabo sobre probetas cúbicas y probetas prismáticas, preparadas conjuntamente, con cemento sin escoria y con un 10 % de escoria y utilizando el mismo tipo de hierros redondos de 7 mm de los ensayos anteriores. La diferencia en la preparación respecto a las series anteriores fue que los hierros empotrados en las probetas prismáticas estaban totalmente pintados, dejando libre únicamente el área en contacto con el mortero.

Se observó en este caso en las medidas de los potenciales de reposo una menor diferencia entre ambos tipos de probetas. El promedio de los valores de la serie de las probetas prismáticas resultó únicamente 0,05 V más negativo que el promedio de los valores de la serie de las probtas cúbicas. Esa diferencia decrece al transcurrir el tiempo (entre 6 y 9 meses). Además la dispersión entre los valores de los potenciales medidos en las probetas prismáticas disminuyó notablemente, hecho que se puede atribuir a la eliminación de una posible pila de aereación diferencial entre la punta descubierta y el área libre empotrada.

La quinta serie de ensayos fue llevada a cabo con probetas prismáticas incluyendo hierros especiales tensados. Hierros especiales de 4 mm de diámetro, tensados en marcos apropiados a 96 kg/mm^2 se incluyeron en probetas prismáticas (4 × 4 × 16 cm) de morteros preparados con los distintos cementos remitidos por las fábricas y arena normal (según norma IRAM 1633) con un dosaje 1:3 y una relación agua-cemento 0,5. El área en contacto con el mortero es de 13,8 cm^2.

Los cementos usados fueron: cemento normal sin agregados, con 5 % de escoria y con 10 % de escoria. Las probetas se dividieron en dos grupos: algunas se sacaron de los marcos a los 28 días de curadas en cámara húmeda; las otras se dejaron tensadas en los marcos, en cámara húmeda hasta el momento del ensayo potenciocinético.

Para ambos tipos de probetas fueron trazadas las curvas potenciocinéticas a los 9 y 16 meses, y en algunos casos a los 3 y 6 meses. Antes del trazado de las curvas se midieron los potenciales espontáneos. Estos se ubican en general al comienzo de la zona de pasivación, independientemente de sí la probeta contenía o no escoria.

En cuanto a las curvas potenciocinéticas, se encontró que las densidades de corriente (medidas a los — 0,10 V) obtenidas para estas probetas son mayores que las obtenidas para las probetas prismáticas comunes. A su vez, las probetas sacadas de su marco de tensión a la fecha del ensayo, presentan densidades mayores que las probetas gemelas sacadas de tensión al mes de preparadas, y ensayadas a la misma fecha que las anteriores. Los valores promedios serían:

— probeta prismática común: .... 1 $\mu A/cm^2$
— „ „ tensada sacada al mes: .... 2 $\mu A/cm^2$
— „ „ „ „ en la fecha de ensayo: . 8 $\mu A/cm^2$

En algunos casos se encontró que para probetas con un agregado de 10 % de escoria y mantenidas en tensión hasta la fecha de ensayo, se llega (para potenciales de 0,50 V) a densidades de 60 $\mu A/cm^2$ o mayores. Ello indicaría peligro de corrosión para el hierro empotrado.

Se midieron las resistencias de polarización de las curvas potenciocinéticas obtenidas para estas probetas, pero los resultados son dispersos, lo que indicaría que la uperficie del hierro empotrado no se encuentra aún en un estado estacionario.

Para evitar tener que sacar la probeta del marco para trazar las curvas potenciocinéticas, se preparó un dispositivo especial en el cual el vaso en el que se coloca la solución saturada cal, se arma junto con la probeta en el marco. Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos con probetas mantenidas en los marcos hasta la fecha de ensayo.

La sexta serie de ensayos fue llevada a cabo trazando curvas potenciocinéticas no ya de probetas, sino electrodos en una suspensión del cemento a ensayar. Se utilizó como electrodo de trabajo el mismo tipo de varilla de hierro redondo de 7 mm de diámetro que se utilizó en la preparación de las probetas. La varilla de hierro fue pulida y sus extremos se protegieron con cinta aisladora plástica. Durante el ensayo la suspensión se agita constantemente y se burbujea N_2 todo el tiempo, a fin de eliminar el oxígeno.

Se obtuvieron de esa manera curvas similares a las obtenidas con probetas preparadas con el mismo cemento a la edad de 9-12 meses, es decir cuando la probeta llega a su estado de pasivación.

Este ensayo, cuyo estudio debe continuarse, tiene la ventaja de ser un método rápido para determinar la capacidad de pasivación de un cemento, evitándose todos los inconvenientes de la preparación y estacionamiento de probetas. Debe desarrollarse también su aplicación a hierros sometidos a tensiones.

Sobre la base de los ensayos realizados pueden extraerse las siguientes conclusiones:

a) Los hierros redondos comunes, empotrados en cementos portland normales sin agregado de escoria o con una adición de hasta un 10 %, presentan un potencial de reposo de $-$ 0,30 $\pm$ 0,03 V para el caso de probetas prismáticas con un extremo de la varilla de hierro sin proteger. Recubriendo éste y anulando la pila de aereación diferencial, el potencial pasa a valores de $-$ 0,15 $\pm$ 0,03 V, más nobles aún al transcurrir el tiempo, estando dentro de los límites de pasivación aceptados por la bibliografía [3].

Estos potenciales de reposo se ubican dentro de la zona de pasivación de las curvas potenciocinéticas trazadas sobre estas probetas.

Las densidades de corriente se mantienen siempre por debajo de los 60 $\mu A/cm^2$ (a 0,50 V), lo que indica que las probetas se encuentran bien pasivadas, hecho que se confirma por observación visual y microscópica de la superficie de los hierros empotrados (ensayos hasta los 18 meses).

b) Con hierros tensados empotrados en cemento portland normal sin agregado de escorias y con una adición de hasta un 10 %, se obtienen potenciales de reposo más negativos: $-$ 0,40 $\pm$ 0,04 V, que se ubican al comienzo de la zona de pasivación de las curvas potenciocinéticas correspondientes, trazadas con estas probetas. Las densidades de corriente obtenidas son mayores que las medida en el caso de hierros sin tensar, y se llegan a densidades de corrientes superiores a 60 $\mu A/cm^2$ a 0,50 V, lo que podría significar un riesgo de corrosión.

Todos los datos obtenidos hasta los 16 meses de edad de las probetas tensadas indican que éstas no se encuentran aún en un estado estacionario, independientemente de sí contienen o no escoria. Se coservan más probetas tensadas en sus marcos para ensayar a edades mayores a fin de establecer con certeza si aparecen con el tiempo diferencias derivadas de la presencia de escoria.

En cambio en el caso de aceros comunes, no tensados, se ha probado con los estudios realizados que no existen diferencias en el comportamiento de pasivación que confieren al hierro, cementos portland sin escoria o con agregado de ésta de hasta un 10 %.

BIBLIOGRAFIA

1. Bäumel, A., Zement-Kalk-Gips 12, nº 7, *294* (1959).
2. Kaesche, H., Zement-Kalk-Gips 12, nº 7, *289* (1959).
3. Franquin, J., Cap. 5 de « La Corrosión des conduits d'eau et de gaz » Ed. Eyrolles, Paris, 1968.

REGISTRADOR ANALOGICO DE CAMPO CONSTRUIDO EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Por E. A. MARINELLI[1], S. TOMICICH[2] y M. A. CARDOZO[3]

SUMARIO

La resolución de algunos problemas en distintos campos de la ingeniería mediante analogías, resulta de gran utilidad.

Se describe aquí un «registrador analógico de campo» construído en el «Laboratorio de Análisis Experimental de Tensiones» del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur.

Se presentan algunas aplicaciones prácticas y se destacan las numerosas posibilidades de este versátil instrumento.

INTRODUCCION

Sucede frecuentemente que dos fenómnos físicos distintos pueden ser expresados mediante idéntica forma matemática. En estos casos se dice que son *sistemas análogos*. La solución de uno de ellos es aplicable al otro. Las mejoras introducidas en la técnica de resolución en un campo, automáticamente mejora los análogos.

A menudo, la solución de las ecuaciones que representan un sistema físico determinado es, a veces, muy difícil de obtener. La aplicación de métodos numéricos puede ser lenta, o bien, la medición directa sobre el sistema o modelo no es factible o es muy dificultosa.

Entonces, puede resultar práctico efectuarlas sobre un sistema análogo, transformándose éste en un instrumento calculador.

Una analogía de este tipo, que resulta de suma utilidad para resolver problemas en distintos campos, es la analogía eléctrica ([1-7]).

ANALOGIA ELECTRICA

Se basa fundamentalmente en lo siguiente: la distribución de potencial eléctrico en un medio conductor homogéneo e isótropo, de espesor constante, satisface en régimen estacionario la ecuación de Laplace:

[1] Profesora Asociada del Departamento de Ingeniería.
[2] Asistente de Docencia del Departamento de Ingeniería.
[3] Profesor Adjunto del Departamento de Electrotecnia.

$$\nabla^2 V = 0 \qquad (1)$$

Además, en el caso en que haya fuentes de corriente internas, la distribución del potencial está dada por la ecuación de Poisson

$$\nabla^2 V = - Ri \qquad (2)$$

donde $R = \frac{\rho}{h}$; ρ, resistividad; h, espesor de las franjas en que se divide el modelo e i, la densidad de la corriente aplicada a través de la superficie del modelo.

Vale decir, que todo problema cuya solución está dada por ecuaciones del tipo (1) y (2), que por otra parte tienen numerosas aplicaciones en la tecnología moderna, pueden resolverse mediante la analogía eléctrica. Esta provee una rápida solución experimental, de técnica simple, ya que con un modelo de papel conductor, geométricamente similar al prototipo, da la representación gráfica del campo que se estudia.

Entre éstos cabe mencionarse: elasticidad bidimensional, mecánica de los fluidos, aerodinámica, mecánica de los suelos, problemas de campos eléctricos y magnéticos, etc.

En elasticidad plana, regida por la ecuación:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)(\sigma_x + \sigma_y) = -(1 + \nu)\left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y}\right) \qquad (3a)$$

para el estado plano de tensiones y:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)(\sigma_x + \sigma_y) = -\frac{1}{(1 - \nu)}\left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y}\right) \qquad (4a)$$

para el estado plano de deformaciones, pueden presentarse los siguientes casos:

a) cuando las componentes de las fuerzas de masa X e Y son constantes o nulas, las ecuaciones se reducen a:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)(\sigma_x + \sigma_y) = 0$$

ecuación del tipo (1).

b) si las mismas componentes tienen un potencial tal que

$$X = -\frac{\partial F}{\partial x} \quad \text{e} \quad Y = -\frac{\partial F}{\partial y}$$

las (3 *a*) y (4 *a*) se transforman en:

$$\nabla^2 (\sigma_x + \sigma_y) = (1 + \nu)\nabla^2 F \qquad (3b)$$

$$\triangle^2 (\sigma_x + \sigma_y) = \frac{1}{(1 - \nu)}\nabla^2 F \qquad (4b)$$

ecuaciones de Poisson.

Como ejemplo de la 3 *b*) puede mencionarse el caso en que el estado de tensiones es originado por la fuerza centrífuga, donde la función potencial F tiene la forma:

$$F = -\frac{1}{2}\rho\omega^2 (x^2 + y^2)$$

ω velocidad angular
ρ masa específica

Ésta introducida en la (3 *b*) da:

$$\nabla^2 (\sigma_x + \sigma_y) = -2(1+\nu)\rho\omega^2$$

Considerando tensiones térmicas y en el caso en que la distribución de la temperatura no sea armónica ($\nabla^2 T \neq 0$), se tiene:

$$\nabla^2 (\sigma_x + \sigma_y) = -E\alpha \nabla^2 T$$

ecuación semejante a la (3 *b*).

En los casos vistos, la solución de la ecuación diferencial, da los valores de $(\sigma_x + \sigma_y)$, que pueden utilizarse:

a) para complementar el ensayo fotoelástico, ya que de éste se obtiene la diferencia de las tensiones principales, teniéndose así los elementos necesarios para la separación de las mismas; *b*) para el trazado de las líneas isopáquicas (1), puesto que en el estado plano de tensiones se cumple:

$$\varepsilon_z = -\frac{\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y)$$

Otro problema elástico que puede ser resuelto mediante la analogía eléctrica, es el de torsión, cuya solución está dada por la ecuación de Poisson:

$$\nabla^2 \varnothing = -2G\theta$$

o bien, haciendo $\psi = \varnothing + \frac{G\theta}{2}(x^2 + y^2)$,, mediante la ecuación de Laplace

$$\nabla^2 \psi = 0$$

Los problemas de transferencia de calor, en estado estacionario, se rigen por la ecuación de Laplace:

$$\nabla^2 T = 0$$

Es decir que las isotermas del prototipo están representadas por las equipotenciales del modelo.

De esta manera se estudian flujos de calor en hornos, tuberías, depósitos aislados, motores, etc.

También puede tenerse en cuenta en los modelos, la distinta conductibilidad térmica de los materiales de un prototipo compuesto.

En mecánica de los fluidos, el uso de la analogía es útil para la representación gráfica de las trayectorias de corriente y las equipotenciales, incluyendo una fuente o un obstáculo. De igual manera, en aerodinámica.

En mecánica de suelos, es aplicable para la estimación de pérdidas por filtración, tal como las que ocurren a través de una represa o por debajo de ella.

En problemas de campos magnéticos y eléctricos, determinando propiedades de capacitancia, impedancia e inductancia.

REGISTRADOR ANALOGICO DE CAMPO[9-10]

a) *Descripción*

La figura 1 muestra el registrador analógico de campo diseñado y construido por personal del Laboratorio de Análisis Experimental de Tensiones y el Taller del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur.

El mismo consta de: una fuente de alimentación, un circuito potenciométrico con potenciómetro helicoidal y galvanómetro para las mediciones y divisores de tensión; es decir, todo lo necesario para efectuar estudios de campos.

La fuente de alimentación (fig. 2) es un simple circuito amplificador, tipo puente con filtro de zumbido de alterna, del tipo L C. Posee una llave selectora, que permite conmutar entre dos derivaciones del secundario, para obtener una tensión baja (12 v) y otra alta (120 v).

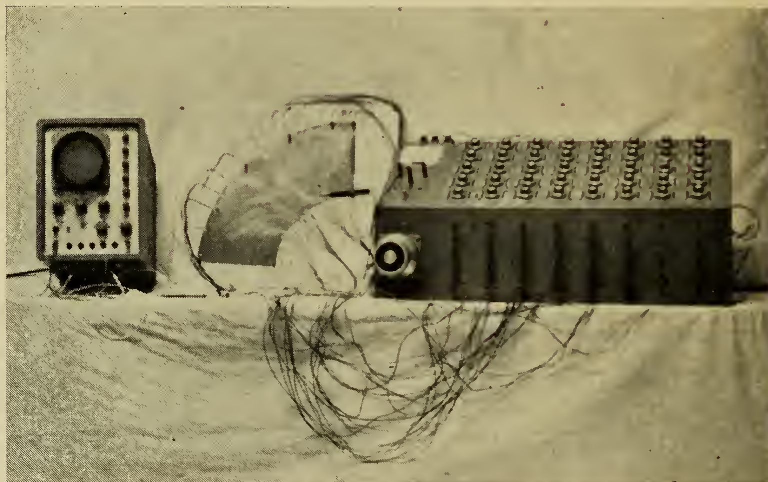


Fig. 1. — Registrador analógico de campo

Los divisores de tensión se emplean para crear los gradientes de tensión apropiados como condiciones de borde.

El potenciómetro helicoidal de precisión posee un vernier con 1000 divisiones.

El galvanómetro está protegido contra sobrecargas accidentales por un circuito especial (constituido por diodos), que deriva el exceso de corriente sin desmedro de la sensibilidad en ese rango de operación.

Para las mediciones de los potenciales, se hizo uso de un osciloscopio Philips (GM 5606).

Completa el conjunto un tablero, en el que se fija el modelo.

b) *Operación*

Los modelos se construyeron en papel conductor, llamado comercialmente "Teledeltos", de conductividad específica de 2000 $\frac{\Omega}{cm^2}$. Ellos son geométri-

camente semejantes al prototipo, debiendo ser lo suficientemente grandes para que la operación resulte más cómoda.

En el contorno se aplica un potencial proporcional a las condiciones de borde del problema a estudiar, las que pueden ser constantes o variables.

Las primeras son fáciles de materializar. Esto se consigue pintando el contorno con pintura conductora a base de plata (Dag Dispersion 915) y aplicando en él el potencial adecuado.

En el segundo caso, se sueldan al contorno distintos electrodos en número que se estime conveniente y a una distancia que dependerá del gradiente de potencial entre dos consecutivos. Estos se conectan a los divisores de tensión y se aplica el valor que corresponde a cada uno. El ajuste se logra regulando ciclícamente los reóstatos; son suficientes tres o cuatro regulaciones.

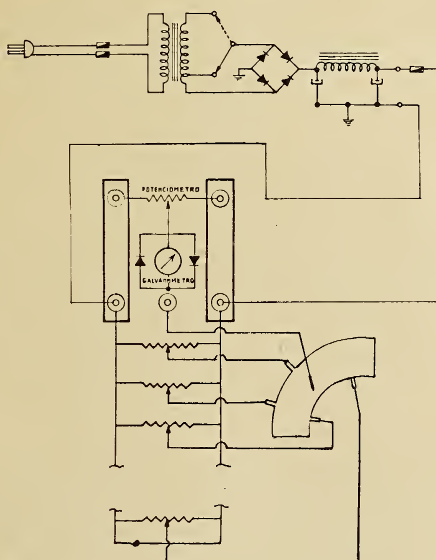


Fig. 2. — Esquema del circuito

En estas condiciones se pueden obtener las líneas equipotenciales. Para lograrlo se define con el vernier el valor de la equipotencial que se desea trazar y con un trazador metálico se recorre el campo hasta obtener los puntos que indiquen lectura cero en el galvanómetro.

La precisión del método depende principalmente de la proximidad a una distribución continua del potencial del contorno.

APLICACIONES PRACTICAS

a) *Análisis Bidimensional de Tensiones*

Se trazaron las curvas isopáquicas de un anillo circular, cuyos valores son proporcionales a la suma de las tensiones principales.

El ejemplo considerado es el que corresponde a la figura 4-6, pág. 43, del libro "Applied Stress Analysis", de A. J. Durelli (2) (fig. 3).

El modelo hecho en papel conductor "Teledeltos", relativamente grande con el fin de que los electrodos aplicados a los bordes estuviesen suficientemente espaciados, dejando un borde de 3 mm. Dada la simetría de la figura y de la carga, se trabajó con un cuarto de anillo.

Se trata éste de un caso en que las condiciones de borde son variables. Dado que es imposible aplicar un número infinito de electrodos de manera que la variación se haga en forma continua, se aplicó un número discreto de electrodos.

En los problemas de elasticidad bidimensional, los valores de la suma de las tensiones en el borde, es igual a su diferencia, ya que una de ellas es nula. En nuestro caso, estos valores fueron obtenidos en la figura mencionada. Se soldaron los conductores mediante pintura a base de plata (Dag Dispersion 915) y se aplicaron potenciales proporcionales al número de isocromática del ensayo fotoelástico.

Esta operación se hizo mediante el osciloscopio previamente mencionado.

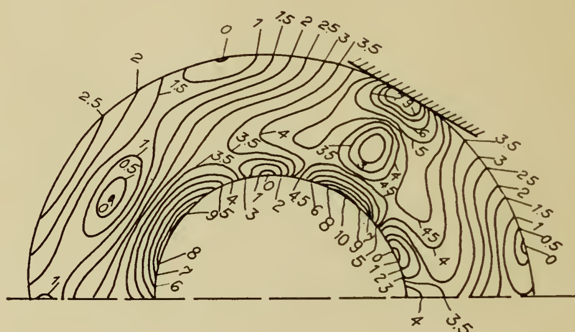


Fig. 3. — Isocromáticas (Ref. 1)

Además, dado que se contaba con valores positivos y negativos, se utilizaron dos fuentes: positiva y negativa. En las secciones de simetría, los puntos situados a igual distancia a ambos lados del eje, la magnitud que se mide (en este caso $(\sigma_1 + \sigma_2)$), debe tener el mismo valor. Esto significa que en el modelo no debe haber paso de corriente y por lo tanto, el potencial es nulo.

De esta manera se completaron las condiciones sobre los cuatro bordes de la figura.

Las curvas, equipotenciales en el modelo eléctrico, isopáquicas en el prototipo, se obtuvieron fijando en el potenciómetro con vernier, el porcentaje deseado y luego, explorando con el trazador el modelo, de manera de localizar los puntos correspondientes a lectura nula del galvanómetro.

El pasaje de una a otra fuente se hizo mediante una llave selectora.

En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos.

b) *Aplicación a un Problema de Transferencia de Calor*

Se trata de determinar las líneas isotérmicas en la sección transversal de un cohete de combustible sólido.

En este caso las condiciones de contorno son sencillas, ya que los bordes constituyen de por sí, una isoterma.

Se pintaron los mismos con pintura conductora y se aplicaron potenciales distintos en cada contorno, proporcionales a las condiciones de borde.



Fig. 4. — Isopáquicas

En las secciones de simetría se procedió de la misma manera que en el ejemplo anterior. Cuando se trata de un prototipo que tenga un contorno aislado, en el modelo estará representado por potencial nulo.

Las isotermas, equipotenciales en el modelo, se determinaron de la misma forma que en el ejemplo anterior (ver. fig. 5).

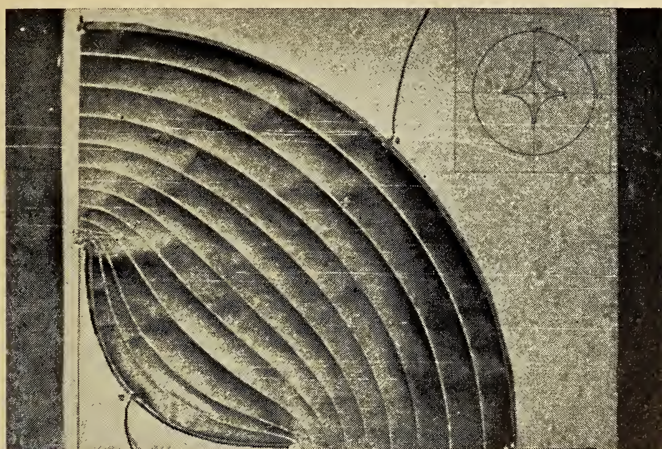


Fig. 5. — Isotermas

Los resultados experimentales son comparados con aquellos obtenidos analíticamente, mediante la siguiente relación funcional (8) (ver fig. 6).

$$w = R(A\xi + B\xi^{-3} + C\xi^{-7} + D\xi^{-11} + E\xi^{-15} + F\xi^{-19})$$

donde A = 0,7810; B = 0,2914; C = — 0,0779; D = 0,0082; E = — 0,0030; F = 0,0002

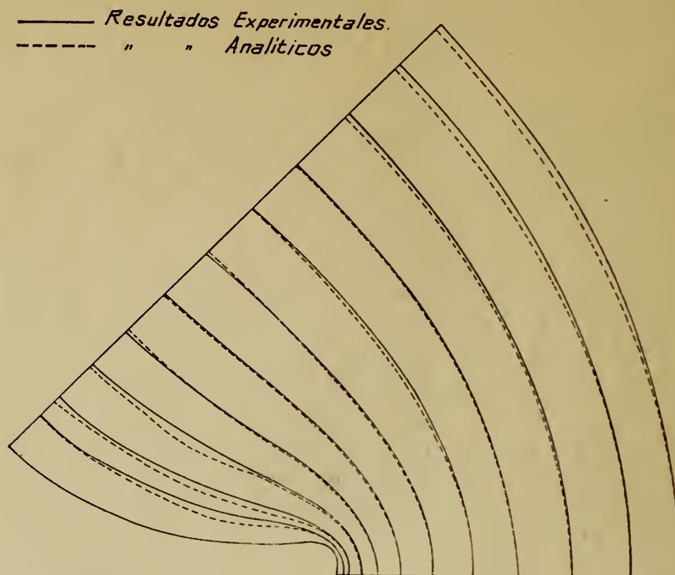


Fig. 6. — Comparación de los resultados analíticos y experimentales

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un plan de investigaciones auspiciado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y realizado en la Universidad Nacional del Sur.

Los autores agradecen al Dr. Patricio A. Laura, jefe del Laboratorio de Análisis Experimental de Tensiones,, por su continuo y valioso asesoramiento; a los Ings. José Pombo y Mario Rodríguez por sus sugerencias y al señor Adriano Tondini por su inestimable colaboración en la preparación de los modelos y trazado de las líneas equipotenciales.

BIBLIOGRAFIA

1. Ajovalasit, A. *Determinazione delle isopache mediante l'analogia electrica.* Disegno di machine, nº 1, pp. 47-54, 1959.
2. Durelli, A. J. *Applied Stress Analysis,* Prentice-Hall.
3. Durelli, A. J. y Riley, W. F. *Introduction to Pkotomechanics.* Prentice-Hall, 1965.
4. Henry, A. W. *Elemenis of Experimental Stress Analysis,* Pergamon Press Ltda., 1964.
5. Hetenyi, M. *Handbock of Experimental Stress Analysis,* Chapman & Hall.
6. Karplus, Walter J. *Analog similation, solution of field problems* Mc Graw-Hill, 1958.
7. Kreith, F. *Principles of Heat Transfer,* International Texbook Company Scranton 1961.
8. Laura, P. A. y Shahady, P. Longitudinal Vibrations of a Solid Propellant Rocket Moror, *Developments in Theoretical and Applied Mechanics,* vol. 3, págs. 623-633. 1967. Pergamon Press.
9. Sharples, Photomechanics Limited, *Photoelastic Equipment,* Catalog.
10. S. S. I. *Analog Field Plotter,* Catalog nº 24-1.
11. Waner, N. S. and Soroka, W. W. S*tress Concentration for Struetural Angles in Torsion by the Conducting* S4eet Analogy, Proc. Soc. Elast Strees A. 11 (1953) nº 1, págs. 19-26.

RELAJACION DE LA DIFUSION DINAMICA DE LA LUZ EN CRISTALES LIQUIDOS NEMATICOS

Por BETTY KERLLEÑEVICH [1] y ANDRE COCHE [2]

RESUMEN

Se ha estudiado el decaimiento de la difusión dinámica de la luz al suprimirse el campo eléctrico continuo aplicado sobre un cristal líquido nemático en un rango de temperaturas comprendido entre 5 y 70°C. Este proceso de relajación puede definirse mediante una constante de tiempo que lo caracteriza. Hemos analizado la variación de esta constante de tiempo en función de las siguientes variables: 1) temperaturas del cristal líquido (comprendidas entre 14 y 50°C), 2) espesor de las células (entre 13 y 50 μm) y la tensión continua V aplicada a la célula.

La constante de tiempo decrece a medida que aumenta la temperatura lo que está relacionado con la viscosidad del cristal líquido, pero aumenta en función del espesor de la célula a una tensión determinada. Para tensiones superiores a 50 Volts, se produce también un aumento de la constante de tiempo.

ABSTRACT

The decay of dynamic scattering of light after the suppression of the dc electric field has been investigated on a liquid crystal nematic in a temperature range of 5 to 70°C. It is possible to define a time constant characterizing this relaxation process. We have studied the variation of this time constant with 1) the liquid crystal temperature (14 to 50°C) 2) the thickness of the cell (13 to 50 μm) and the dc voltage V applied to the cell.

The time constant decreases when the temperature rises which seems related to the liquid crystal viscosity and increases with the cell thickness at a given voltage. For voltages above 50 volts, there is also an increase of the time constant.

INTRODUCCION

La posibilidad de aplicar los cristales líquidos nemáticos a sistemas de visualización y alfanuméricos, ha hecho despertar un gran interés en el estudio de los efectos de campos eléctricos y magnéticos sobre esas sustancias. Sin embargo pocos son los resultados publicados hasta ahora sobre la disminución de la difusión dinámica de la luz producida por cristales líquidos nemáticos, cuando se suprime el campo eléctrico que la originó. Williams ha supuesto que la reorientación comienza en la superficie y se propaga a una velocidad

[1] Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
[2] Centre de Recherches Nucléaires, Strasbourg, Francia.

controlada por la difusión; en tal situación la intensidad de la luz difundida I_s decrece en función del tiempo t siguiendo la ley

$$I_s = I_0 \left(1 - \frac{2 D^{\frac{1}{2}} t^{\frac{1}{2}}}{L}\right) \qquad (1)$$

donde I_0 es la intensidad inicial, D el coeficiente de difusión y L el espesor de la célula. El tiempo de decrecimiento τ_D, que se define como el tiempo durante el cual la intensidad decae de 90 a 10 por ciento de su valor inicial, es entonces.

$$\tau_D = \frac{0.8\ L^2}{4D} \qquad (2)$$

Este modelo concuerda con los resultados experimentales obtenidos por Heilmeier *et al.* [1] con películas de 6 μm de espesor de para-aminofenilacetato de anisilideno. Creagh *et al.* [2] han estudiado el comportamiento en función del tiempo, de algunos cristales líquidos nemáticos incluyendo la variación del tiempo de decaimiento de la difusión dinámica, como también los tiempos de retardo y de crecimiento en función de los espesores y temperaturas de las células.

En el tiempo de disminución de la difusión dinámica, tal como han hallado recientemente Jakeman y Raynes [3], deben tenerse en cuenta varios tiempos de relajación, cuya importancia depende de la conductividad de la sustancia nemática: en compuestos de alta conductividad y que tienen buenas propiedades en lo que se refiere a la difusión dinámica, el tiempo de relajación dieléctrico $\frac{\epsilon}{4\ \pi\ \sigma}$ donde σ es la conductividad eléctrica y ϵ la constante dieléctrica, es mucho menor que el tiempo de relajación del director $\frac{\eta}{K\ q^2}$ donde η es la viscosidad de la sustancia, q es el vector de onda que a su vez es función del campo eléctrico, y K es una constante elástica. En estas condiciones la relajación del director será predominante en el proceso de disminución de la difusión dinámica.

En este trabajo hemos consagrado una atención especial a las variaciones del tiempo de disminución estudiando detalladamente su dependencia de la temperatura, del espesor y de la tensión continua aplicada, sobre un producto comercial (LCI: rango nemático 5 – 70° C) [4] de alta conductividad. Los resultados obtenidos se han comparado a los que se hallaron en un compuesto de alta resistividad (Nematische Phase V) [5].

MONTAJE EXPERIMENTAL

Las células utilizadas como muestras en nuestras experiencias consisten en una capa delgada de sustancia nemática situada entre dos electrodos transparentes (vidrio revestido de óxido de estaño u óxide de indio) mantenidos a una distancia dada por separadores de mylar de espesores que varían entre 13 y 50 μm. La distancia entre electrodos se mantiene uniforme mediante un marco de presión constante. Se logra una alineación homogénea del cristal líquido por frotamiento unidireccional de los electrodos sobre papel, siguiendo la técnica descrita por Chatelain [6].

La célula en estudio se coloca en un recinto en el que la temperatura, que se mantiene constante (con una precisión de $\pm 0{,}1°$ C) por circulación de agua, puede hacerse variar entre 10 y 50° C aproximadamente. Se la ilumina con una fuente de luz blanca y el haz que la atraviesa incide sobre un fotomultiplicador, cuya señal anódica se fotografía sobre la pantalla de un osciloscopio o se traza mediante un registrador X-Y. La intensidad transmitida I_t y la intensidad difundidad $I_s = I_o - I_t$ donde I_o es la intensidad de la luz que es transmitida en ausencia de campo eléctrico, pueden en esta forma determinarse a cada instante cuando se aplica o se suprime el campo eléctrico. Hemos estudiado la relajación de la difusión dinámica después de la supresión del campo, ya sea abriendo el circuito o cortocircuitando los electrodos. Ambos resultados fueron prácticamente iguales, por lo que nos limitamos a las condiciones de circuito abierto. La forma de la curva que representa la variación de la intensidad difundida en función del tiempo, se representa en la figura 1 *a*.

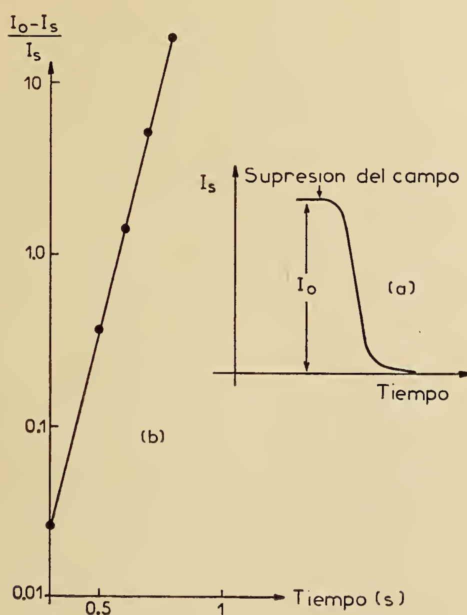


Fig. 1. — Decaimiento de la difusión dinámica en función del tiempo al suprimirse el campo eléctrico continuo.

Además se representaron gráficamente las características corriente en función de la tensión, para cada una de las células analizadas y para las distintas temperaturas.

RESULTADOS

Se ha determinado experimentalmente para las diferentes células analizadas que la intensidad difundida I_s varía en función del tiempo, cuando se suprime el campo, según la relación

$$\frac{I_0 - I_s}{I_s} = \exp\left(\frac{t - t_0}{\tau}\right) \qquad (3)$$

o bien

$$I_s = \frac{I_0}{1 + \exp\left(\frac{t - t_0}{\tau}\right)} \qquad (4)$$

donde t_0 es una constante.

Esta relación se verifica correctamente como puede verse en la figura 1 *b* aún para variaciones en la relación $\frac{I_0 - I_s}{I_s}$ de más de 1000 veces, siempre que el campo aplicado no sea demasiado elevado. En realidad, para tensiones de 80 volts (o mayores) aparece en la curva de decaimiento una componente lenta que se hace más importante para células de espesores superiores a 30 μm y a temperaturas que sobrepasan los 40° C aproximadamente.

Hemos analizado la variación de la constante de tiempo del producto LCI en función de las siguientes variables: 1ª la temperatura T en (°K), 2ª el espesor L de la película de cristal líquido y el campo continuo $\mathcal{E}$ aplicado a la célula.

En cada caso hemos determinado también el tiempo de disminución τ_D definido más arriba. Es fácil verificar a partir de la ecuación (4) que

$$\tau_D \approx 4.4\ \tau$$

lo que concuerda bien con los resultados experimentales.

1. Para un espesor dado, cuando la temperatura aumenta, la constante de tiempo τ decrece dentro del rango de temperaturas de 14 a 50° C en un factor de aproximadamente 5, pero entre 40 y 50° C su variación es pequeña. Estos resultados pueden verse en fig. 2 para una tensión continua aplicada de 20 volts.

En la figura 3 hemos representado la variación de Log τ en función de 1/T para células de tres espesores diferentes y para campos eléctricos constantes de 10^6 y 2×10^6 V m^{-1} (las curvas obtenidas para ambos campos son idénticas para las células de 13 y 18 μm). Aunque el intervalo de temperaturas en el que se hicieron las mediciones no cubre completamente el rango nemático, esta variación parece seguir una ley de la forma

$$\tau = A\ \exp\left(\frac{\delta E}{KT}\right) \qquad (5)$$

donde K es la constante de Boltzmann y A una constante arbitraria.

Puede observarse que δE es prácticamente independiente del espesor y del campo eléctrico dentro del rango estudiado; su valor es 0.4 eV. En lo que se refiere al compuesto Merck V que tiene una conductividad considerablemente inferior, la variación de Log τ es similar y tiene la misma pendiente.

Partimos de la suposición que la variación de τ con la temperatura se debe exclusivamente a la de la viscosidad de la sustancia nemática η. En efecto cualquiera sea la conductividad, τ es proporcional a η. Hemos analizado cómo varía la viscosidad de nuestros productos con la temperatura. El viscosímetro que hemos montado permite efectuar medidas sobre volúmenes inferiores a 1 cm^3. El principio reside en la ocultación sucesiva de dos orificios por una bolilla de acero que cae, en la sustancia estudiada. La luz que normalmente atraviesa los orificios para llegar al fotomultiplicador es interrumpida durante el tiempo de pasaje. Resultan 2 pulsos sobre la señal de salida observada en el osciloscopio o por medio de un registrador X-Y. El tiempo

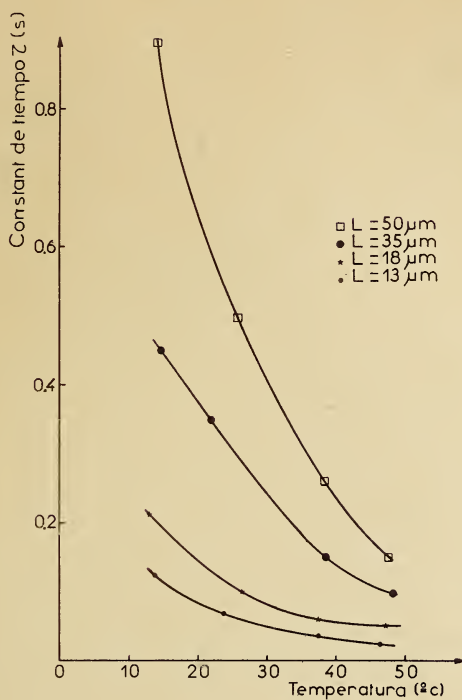


Fig. 2. — Variación de la constante de tiempo τ en función de la temperatura para células de varios espesores (tensión aplicada: 20 Volts)

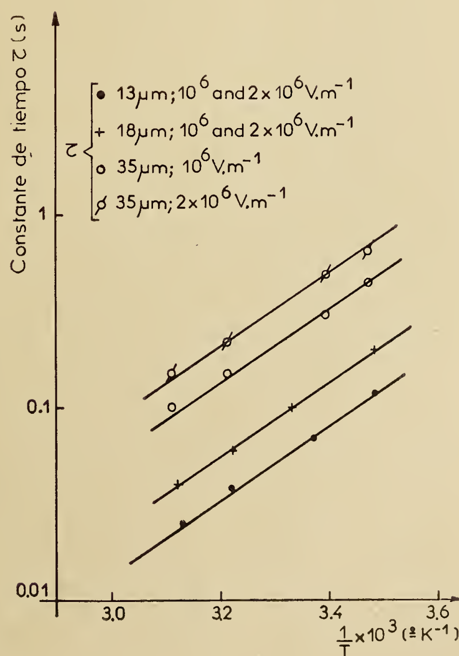


Fig. 3. — Variación de la constante de tiempo τ en función de la temperatura con campos eléctricos constantes (10^6 y 2×10^1 Vm^{-1}) para células de tres espesores (13, 18 y 35 μm)

que separa los dos pulsos está ligado directamente a la viscosidad. El dispositivo se pone en funcionamiento mediante un electroimán que deja caer la bolilla en condiciones reproductibles. El conjunto está situado en un recinto termostatizado en el que puede hacerse variar la temperatura. La calibración del viscosímetro se realiza utilizando líquidos de viscosidad conocida que permitieron trazar la curva que da la viscosidad en función del tiempo de pasaje entre los orificios. En la figura 4 se ha representado el resultado de nuestras observaciones. Está de acuerdo con los de Koelmans y Van Boxtel [7], quienes demostraron que en una mezcla de bases de Schiff el tiempo de crecimiento t_r de la difusión dinámica es proporcional a η. Determinaron que la variación de η (y de t_r) con la temperatura es similar a la de la expresión (5), con prácticamente la misma pendiente. Nuestras mediciones muestran que τ (o η) varía siguiendo la misma ley.

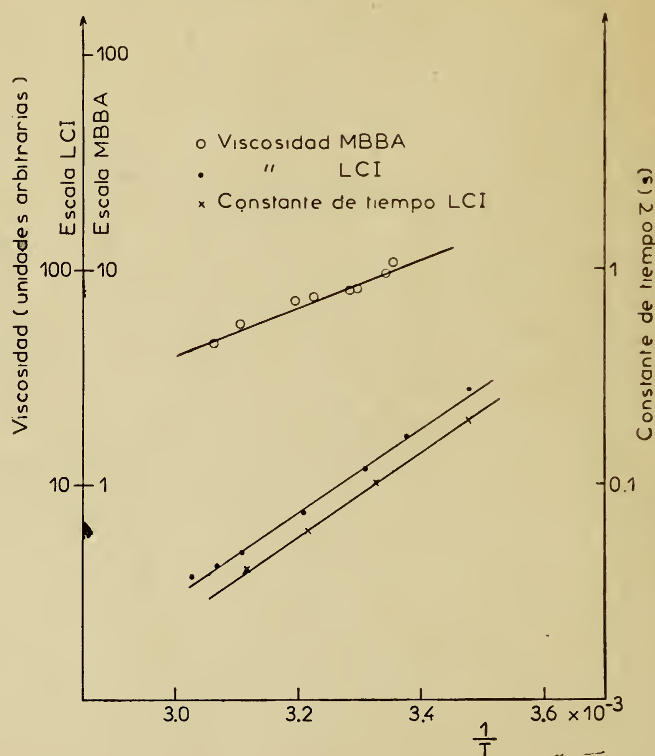


Fig. 4. — Variación de la viscosidad y de la constante de tiempo en función de la temperatura, para células de distintos productos

2. Para el compuesto de alta conductividad (LCI) la relajación del director debe, como se dijo más arriba, dominar el decaimiento de la difusión dinámica. La constante de tiempo correspondiente en función del espesor L y del campo eléctrico [3]. A fin de determinar la influencia de estos parámetros, hemos analizado la variación de τ con el espesor L y con el campo $\mathcal{E}$.

a) En la figura 5 puede verse τ en función de L para dos temperaturas y para campos eléctricos constantes. Para campos de hasta 10^6 V m^{-1} la constante de tiempo τ es una función lineal de L entre 13 y 35 μm por lo menos. Obsérvese que τ depende poco del campo para los espesores menores. Si se aumenta el campo por ejemplo a 2×10^6 V m^{-1}, la representación gráfica de

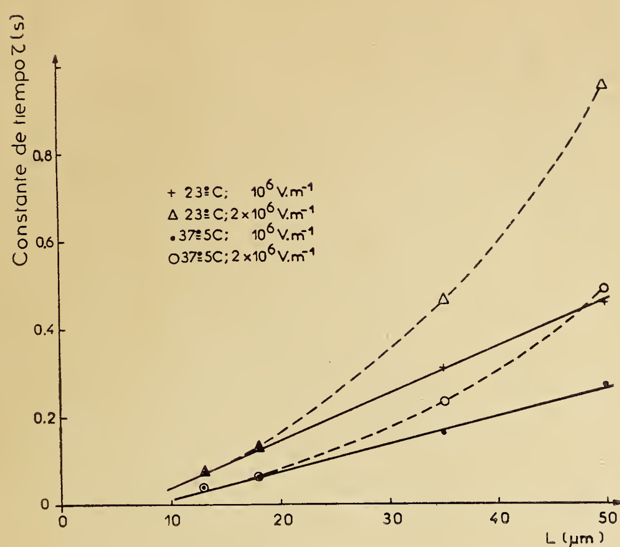


Fig. 5. — Variación de la constante de tiempo τ en función del espesor, para varias temperaturas y para campos eléctricos constantes

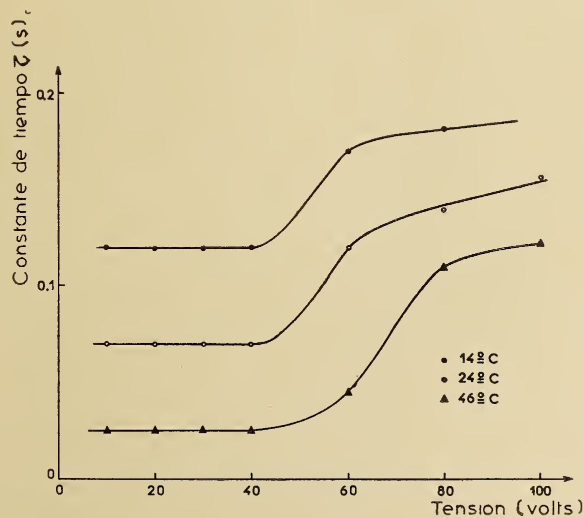


Fig. 6. — Variación de la constante de tiempo τ en función de la tensión para varias temperaturas, en una célula de 13 μm.

τ en función de L muestra que τ varía aproximadamente como L^2. Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos también por otros autores [1,2].

b) En los casos en que la componente lenta puede despreciarse, la constante de tiempo para el compuesto LCI es prácticamente independiente de la tensión continua aplicada siempre que ésta sea inferior a 50 volts aproximadamente. Para tensiones mayores la constante de tiempo aumenta, lo que ha sido observado también por Nehring [8]; esto se ha obtenido para las distintas temperaturas. En la figura 6 se da un ejemplo de esta variación para una célula de 13 μm.

Si el espesor de la célula se aumenta lo suficiente, el efecto del campo debe hacerse más importante comparado con el de L y la constante de tiempo deberá disminuir a medida que el campo eléctrico aumenta. Una experiencia realizada con una célula de espesor de 75 μm parece presentar una disminución de este tipo en la constante de tiempo.

En cambio en el producto Merck V, la influencia del campo eléctrico es reducida y puede llegar a despreciarse, lo que indica que el proceso predominante en el decaimiento es la relajación dieléctrica.

CONCLUSIONES

En el rango de espesores de células y de temperaturas en que se trabajó, hemos hallado que la constante de tiempo decrece con las temperaturas crecientes siguiendo una ley exponencial. Esta variación parece debida principalmente a cambios de la viscosidad. Para una temperatura dada la constante de tiempo aumenta con el espesor según una ley lineal, siempre que la intensidad de campo no supere un determinado valor; pero para campos más intensos τ varía aproximadamente como L^2. También se observa un incremento de la constante de tiempo para tensiones continuas superiores a 50 volts. Nuestros resultados prueban que si las células empleadas son suficientemente delgadas y las tensiones aplicadas son bajas, se pueden lograr fácilmente tiempos de decaimiento de la difusión dinámica de aproximadamente 10 ms.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa colaboración del Sr. A. Stampfler y la importante ayuda técnica del Sr. C. Koehl.

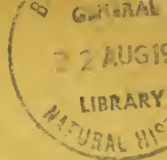
REFERENCIAS

1. Heilmeier, G. H., Zanoni, L. A. y Barton, L. A., Proc. IEEE, 56, 1162 (1968).
2. Creagh, L. T., Kmetz, A. R. y Reynolds, R. A., IEEE Trans. Electron Devices, ED 18, 672 (1971).
3. Jakeman, E. y Reynes, E. P., Phys. Letters 39A, 69 (1972).
4. Suministrado por Liquid Crystal Industries.
5. Suministrado por Merck.
6. Chatelain, F., Bull. Soc. Fr. Min. Crist., 66, 105 (1943).
7. Koelmans, H. y Van Boxtel, A. M., Mol. Liquid Cryst., 12, 185 (1971).
8. Nehring, J., Comunicación presentada a la « Fourth International Liquid Crystal Conference » Kent, Ohio, U. S. A. Agosto de 1972.

Recibido el 9 de abril de 1974

NORMAS PARA LOS AUTORES

1. ANALES publica unicamente trabajos originales e inéditos ; solamente por excepción podrá incluir trabajos cuya noticia se haya dado por otra publicación.
2. La publicación en ANALES es gratuita. Las separatas que soliciten los autores (o las entidades a que estén vinculados) son con cargo a los mismos. El requerimiento deberá hacerse por escrito y antes de iniciar la impresión.
3. Los autores son personalmente responsables de la tesis y del contenido de sus trabajos y deberán realizar las correcciones de las pruebas de imprenta de dichos trabajos.
4. La Sociedad Cientifica Argentina se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo que sea sometido para publicación en ANALES, si así lo considerara conveniente.
5. Los trabajos deberán ser presentados escritos a máquina, a doble espacio, en papel tamaño oficio o carta, utilizando una sola de las caras del papel y redactados en castellano. Las fórmulas podrán ir manuscritas y deberán ser suficientemente claras para la labor de la imprenta. Los gráficos se dibujarán en tinta china, o por otro medio, de manera tal de permitir la fácil y buena preparación de los clisés ; esto último es aplicable a todo tipo de ilustración. La cantidad será la mínima compatible con las necesidades de la buena comprensión del trabajo. En total, los trabajos no deberán ocupar más de *seis páginas* de los Anales, incluídas ilustraciones y tablas.
6. Los trabajos, luego de su título, llevarán un resumen en castellano y otro en idioma extranjero, éste último de no más de 150 palabras. Dichos resúmenes deberán señalar el problema planteado, la indicación de los procedimientos y procesos y las conclusiones a que se arribe, y hacer referencia sobre la precisión de los resultados, todo ello de manera sintética.
7. Los escritos originales, destinados a la Dirección de ANALES, serán remitidos a la Administración de la Sociedad, Avenida Santa Fe 1145, Capital Federal, a efectos de registrar fecha de entrega y posterior envío al Director.
8. La publicación de los trabajos, una vez aceptados, estará sujeta a las posibilidades de la Sociedad y a las exigencias de diagramación de ANALES. La Sociedad se reserva el derecho de determinar la entrega de ANALES en la cual aparecerán los trabajos.



ISSN 0037-8437

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

OCTUBRE-DICIEMBRE 1974 — ENTREGAS IV-VI — TOMO CXCVIII

SUMARIO

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

—

1974

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

Impreso en Imprenta Coni S.A.C.I.F.I., Perú 684, Buenos Aires, República Argentina

TENREYRO, ELMA A. A., LEGUIZAMON, CARLOS A. Y BETTI, OSVALDO O.

Una nueva expresión del caudal cardíaco por radiocardiografía

The precordial record of the passage of a radiactive bolus through the cardiac chambers is analyzed by the employment of pulse functions.

Pulse trains expressions, which represent the circulating radioisotope concentration, are stated. An equation, derived from those expressions, gives the cardiac output in terms of integrals of pulse functions, which are obtained from the radiocardiogram.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVIII, Octubre-Diciembre, 1974, pgs. 51-61

GUALA, JORGE A.

La inercia de la energía en átomos hidrogenoides

The influence of the relativistic mass loss on the system nucleous-electron was studied. The mass los distribution is such that in all cases of experimental relevance only affects the electron mass. This effect was taken into account in the theoretical evaluation of the energy levels for hydrogen-like ions. The results compare satisfactorily with the spectroscopic measurements for the case of Li^{+2}.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVIII, Octubre-Diciembre, 1974, pgs. 63-66

LAURA, PATRICIO A. A. Ph.D.

Un resumen de recientes investigaciones analíticas y experimentales sobre cables oceanográficos

Mechanical cables have long been used for towing, remote control or for the supplying of communication or other service links between two vehicles. Operational requirements now imposed by both commercial and military interests demand a deep understanding of the behavior of such fairly complex structural system.

Some of the research programs undertaken by the author and his associates and performed under the Themis Program (Defense Department, Washington D.C.) are described in the present paper.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVIII, Octubre-Diciembre, 1974, pgs. 67-86

VILLA DE LA HORRA, ANA MARIA DE Y MIZUNO, ICHIRO

Potasio en algunos suelos argentinos

The potassium content of soils from 9 Argentine profiles were determined using several methods. These were: total potassium; potassium extractable in 1.0 N ammonium acetate; 1.0 N nitric acid; 0.5 N hidrochlric acid; 0.5 N magnesium acetate and water soluble potassium.

The results indicate that the soils analysed were well supplied with potassium, and that the values obtained using ammonium acetate, hydrochlriccacid and magnesium acetate were correlated.

Values determined using nitric acid give rise to some speculation as to the long and short-term availability of potasium in these soils.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVIII, Octubre-Diciembre, 1974, pgs. 87-93

CERVIGON, FERNANDO y BASTIDA, RICARDO

Contribución al conocimiento de la fauna ictiológica de la provincia de Buenos Aires (Argentina)

The present paper deals on the study of several ichthyological samples from Mar del Plata coast (Argentina). Some of the studied species are mentioned for the first time for this geographical area, while other species -scarcely known- are redescribed in this opportunity. References of coloration, habitat and general behaviour of some of the especies are also given.

The species considered in the present contribution are as follows: *Odontaspis taurus, Dasyatis eentroura, Opisthonema oglinum, Caranx crysos, Hypleurochilus fissicornis, Ribeiroclinus eigenmanni* and *Gobiosoma parri.*

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Enero-Marzo, 1974, pgs. 3-20

MONTES, ADOLFO L. y ZARAGOZA, GRACIELA O.

Actividad antibiótica de sueros lácticos obtenidos por cultivo de varias especies de bacterias lácticas

The antibiotic activity of milk whey from four lactic bacteria: *Lactobacillus bulgaricus Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus* and *Straptococcus lactis,* used in the manufacture of yogourt, was assayed against several entherobacteria and other microorganisms (38 totalized). It was established that the strongest activity responds to the whey from L. *bulgaricus* and the weakest to that from *Strep. thermophilus.*

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Enero-Marzo, 1974, pgs. 21-29

SUAREZ, MARIA ESTHER

La estadística χ^2 no centrada y un nuevo método para la deducción de su ley de prababilidad

In this article, the author presents a new form to arrive to the distribution of the statistic non-central χ^2, studied and trated before by P. B. Patnaik, R. A. Fisher and Tang.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Enero-Marzo, 1974, pgs. 31-34

MARSICANO, F. R., INTROZZI, A. (H), SCHTEINGART, D. Y PEREYRA, G. H.

Escurrimiento de líquidos en tubos elásticos. Reflexión e interacción de ondas en tubo cerrado

In a previons work (1) we have already indicated that there is an analogy between the flow of liquids in elastic tubes and that of compressible fluids in rigid tubes and that most of the mathematical procedures used in the theory of the dynamics of gases are aplicable to it.

A remarcable analogy which we whish to emphasize here, is the one that consists in the deformation of the speed and pressure waves considering non-linear effects (2) and the imposibility of defining propagation speed either measuring the distances from peak to peak.

The interaction of the wave reflected on the closed end of the tube has been studied by means of the grephic method of the characteristics; waves with greater maxima and narrower bases being obtained as we draw near to the point where reflection takes place.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Enero-Marzo, 1974, pgs. 35-41

MERODIO, JULIO CESAR

La interferencia del estroncio en la determinación de litio por espectrometría de absorción atómica

The interfering effects which appear when determining small amounts of lithium by atomic absorption, in strontium rich matrix, have been studied. The emission spectrum of the radiation source employed showed the existence of an auxiliary line, close to the resonance one of the analyte, which enables to correct for the error due to the absorption of the signal produced by the strontium oxide band.

The modification of the physical properties of the solutions becanse of the presence of salts at relatively high concentrations, exerts a depressing effect on the analyte signal (physical interference) which can be overcome by applying the standard addition method. The technique developed and described allows, in principle, the evaluation of lithium in strontium minerals as primary application in geochemistry.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Enero-Marzo, 1974, pgs. 43-48

ELIGES, HERMAN

Energía mutua y de transferencia en circuítos magnéticamente acoplados (Continuación)

In a semireal transformer, fed with a sine wave alternate current, shown here is the role played in each winding, by mutual transference, field and Joule differential energies. Up to date this was not possible as the transference energy value was unknown. These studies are necessary to facilitate a more extensive analysis in general case studies of transformers, such as those with pulsating current.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 51-55

ROIG, ANTONIO y GUERRERO, ARIEL H.

Determinación directa de antimonio

A new method has been developed for the direct estimation of antimony, combining extraction of Sb (III) as tetraiodo complex in benzene, with the oxydation in aqueous phase to Sb (V) and reextraction as $HSbCl_6$ in the same solvent, where the reagent rhodamine B is added in benzenic solution. Positive signal is the charasteristic color of rhodamine B, colorless in this solvent. Selectivity is good : common ions do not interfere, and only gold does when its proportion exceeds 2000 : 1 antimony. Sensitivity is L.I. : 1μg L.C. : 10^{-5}, and Beer's law is followed between 5 and 25μg. Interpretation suggests $HSbI_4$ and $HSbCl_6$, strong enough as acids, protonize rhodamine B to its purpur acid form.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 57-63

MARTINEZ, ANTONIO

Una nueva especie de Ateuchina. (Col. Scarabaeidae, Coprini)

A new species of Ateuchina (Col. Scarabaeidae, Coprini). By Antonio Martínez. In this work is described a new species of Ateuchine's tribe that provisionally is included in the genus *Pedaridium* Harold. This new species is close to *P.* (?) *quadridens* Arrow which characteristical differences are : body's structure and number of anterior tibial bond teeth. The insects over this study was done, are from province of Misiones in the Argentine Republic.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 65-68

DIEULEFAIT, CARLOS E.

Exposición simplificada de la regresión múltiple

This paper gives a development of the fundamental formule of the multiple regresion in the homosedastic case in a new direct and simple form.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 69-72

LANDOLFI, MARÍA ROSA, MONTES, A. L., VAAMONDE, G. Y ZARAGOZA, GRACIELA O.

Estudio microbiológico de materias primas y productos de la industria alimentaria nacional IV. Productos deshidratados y harinas

Forty eight different dehydrated food products and flours from twelve industrial plants were microbiologically examined for mesophilic aerobic bacteria colony count, coliforme bacteria, entherobacteria, fungi and yeasts, anaerobic bacteria and pathogenic staphilococci. Product from six industrial plants showed good microbiological quality but the samples from the other six plants showed high counts of mesophilic aerobic bacteria, coliforme bacteria, fungi and/or entherococci and several samples aerobic bacteria also.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 73-78

LLAMBIAS, HORACIO

Sobre desilicificación de la alunita de camarones (Provincia de Chubut, República Argentina)

Many test, trials to tint the alunite and its behaviour in different reagents, with object of the possibility of separation of silica and alunite, have been carried out.

By means of such trials the crystalline forms of alunite, its behaviour with the colloidal arsenic trisulphide and the products from it by treatment with acids, are described.

As conclusion the authpor relates the silica's precipitation with the pyroelectrical properties of alunite and he proposes several methods for its industrial use.

Adales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 79-84

SORARRAIN, OSCAR M., BENITEZ, JOSE D. Y BOGGIO, RAFAEL R.

Algunas consideraciones sobre el problema de obtener distribuciones de aberraciones a partir de datos experimentales

Experience have shown than mutations or aberrations are generally Poisson processes, although sometimes the processes are clearly non-Poisson ones.

In this paper we assume the possibility of using a pure birth formalism to determine aberration rates from the experiment. A criterion to check the validity for the given assumptions is discussed.

As a generalization, the possibility to get aberration rates and the corresponding distributions directly from the Kolmogoroff-Feller equations is also analysed.

Anales Soc. Cient. Argentina, CXCVII, Abril-Junio, 1974, pgs. 85-91



ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

DIRECTOR: Dr. ANDRES O. M. STOPPANI

OCTUBRE-DICIEMBRE 1974 — ENTREGAS IV-VI — TOMO CXCVIII

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1974

MIEMBROS PROTECTORES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

COMISION NACIONAL DE ESTUDIOS GEO-HELIOFISICOS

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INTI)

SERVICIOS ELECTRICOS DEL GRAN BUENOS AIRES

YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES

SERIE I. CIENCIAS, Nº 35 ISSN 0037-8437

UNA NUEVA EXPRESION DEL CAUDAL CARDIACO POR RADIOCARDIOGRAFIA

Por ELMA A. A. TENREYRO [1], CARLOS A. LEGUIZAMON [1] y OSVALDO O. BETTI [2]

RESUMEN

El registro precordial del pasaje de un bolo radiactivo por las cámaras cardíacas es analizado con el empleo de funciones de pulsos.

Se plantean expresiones de trenes de pulsos que representan concentraciones de actividad del radionucleído en circulación. Una ecuación deducida de tales expresiones da el caudal cardíaco en términos de integrales de funciones de pulsos, las que se obtienen a partir del registro radiocardiográfico.

SUMMARY

The precordial record of the passage of a radiactive bolus through the cardiac chambers is analyzed by the employment of pulse functions.

Pulse trains expressions, which represent the circulating radioisotope concentration, are stated. An equation, derived from those expressions, gives the cardiac output in terms of integrals of pulse functions, which are obtained from the radiocardiogram.

1. INTRODUCCION

El pasaje por las cámaras cardíacas de un bolo de material radiactivo, inyectado en una vena previa al corazón, registrado por un detector ubicado sobre el área precordial conduce a un registro como el presentado en la figura 1, cuando el trazador es intravascular. Tal tipo de registro externo, iniciado casi simultáneamente por varios investigadores ([19, 38, 40, 47]), ha sido aplicado por numerosos autores en el estudio de la hemodinámica cardíaca ([8, 12, 13, 16, 20, 22, 23, 25, 28, 31, 34, 39, 48, 49, 50, 51, 52]), bajo el nombre generalmente adoptado de radiocardiografía. La curva de doble pico corresponde al pasaje del

[1] Biomatemática: Instituto de Cálculo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina; Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina.

[2] Instituto de Neurocirugía Costa Buero, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Buenos Aires y Comisión Nacional de Energía Atómica, Buenos Aires, Argentina.

bolo radiactivo por ambas partes del corazón, derecha e izquierda, sucesivamente.

Variaciones de las condiciones de inyección y de registro, y de la naturaleza del trazador radiactivo utilizado, permiten obtener registros radiocardiográficos en los cuales se visualiza fundamentalmente un lado del corazón (ambas cavidades cardíacas izquierdas o derechas); esta técnica se suele denominar radiocardiografía selectiva (7, 51) (figura 2).

El interés en la obtención de parámetros cardíacos, tales como caudal y volúmenes de cámaras, se pone en evidencia por los numerosos métodos desarrollados. Aparte de las técnicas radiocardiográficas, se pueden mencionar

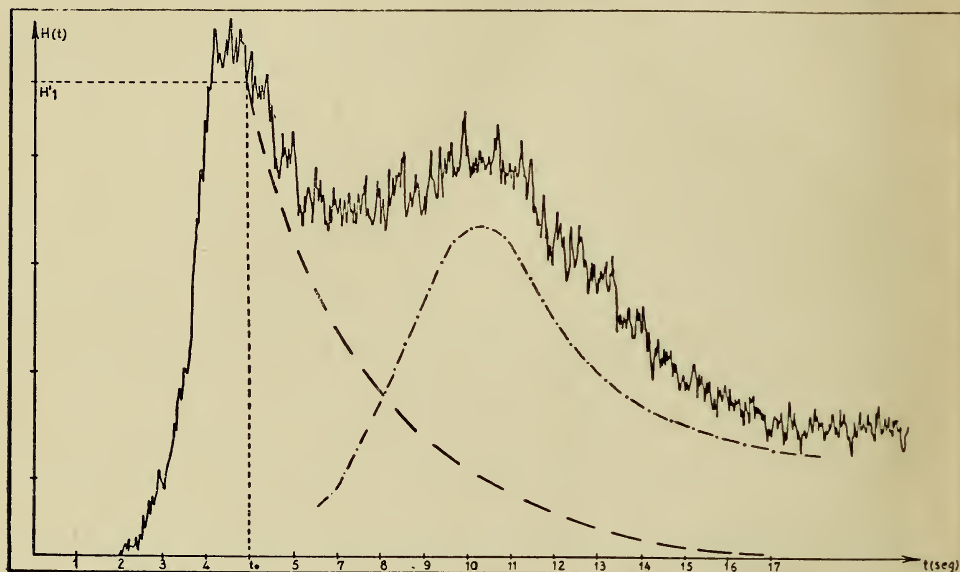


Fig. 1. — Radiocardiograma. Las líneas de trazos representan los registros que se obtendrían independientemente sobre la región derecha del corazón (- - -) y sobre la región izquierda (—-) uniendo puntos de fin de sístole ventricular.

las que emplean métodos de dilución de trazadores (radiactivos o colorante) con muestreo continuo de sangre, medición externa del pasaje de bolos radiactivos por arterias (periféricas o aorta), técnicas de termodilución, registro de variaciones de presión intracavitaria, estudio de imágenes radiográficas, medición anatómica sobre cadáveres para obtener volúmenes de cámaras en forma directa o bien relaciones entre éstos y superficie y peso de la masa cardíaca, etc. (37, 26, 15, 33, 11, 3, 10, 1, 4, 5, 9, 14, 18, 30, 36, 41, 29, 17, 34, 35).

En relación con las técnicas radiocardiográficas, algunos autores han analizado diversos factores que las afectan, tales como mezcla incompleta del trazador en las cámaras cardíacas (21, 44), forma general del radiocardiograma (48, 49), etc.

En cuanto a los enfoques matemáticos, el pasaje de un trazador por un sistema de cavidades en serie ha sido encarado por Kellershohn y colaboradores (24); Cornfield y colaboradores (6) presentaron modelos para el estudio de experiencias con indicadores; otros autores han desarrollado expresiones

analíticas con el objeto de derivar parámetros cardíacos a partir de medidas anatómicas, presiones intracavitarias, etc., mediante el empleo de modelos idealizados del corazón ([27, 42, 43, 45, 46]). Los autores del presente trabajo han expuesto en otro, ([32]) un nuevo método de obtención de parámetros cardíacos a partir del análisis de la zona de mezclado total del radiocardiograma, y además, mediante un nuevo tratamiento matemático del registro radiocardiográfico, han derivado expresiones que permiten obtener las eficiencias de medición de las cámaras cardíacas ([2]).

En el presente trabajo, se desarrolla un nuevo método de análisis del radiocardiograma con el empleo de funciones de pulsos.

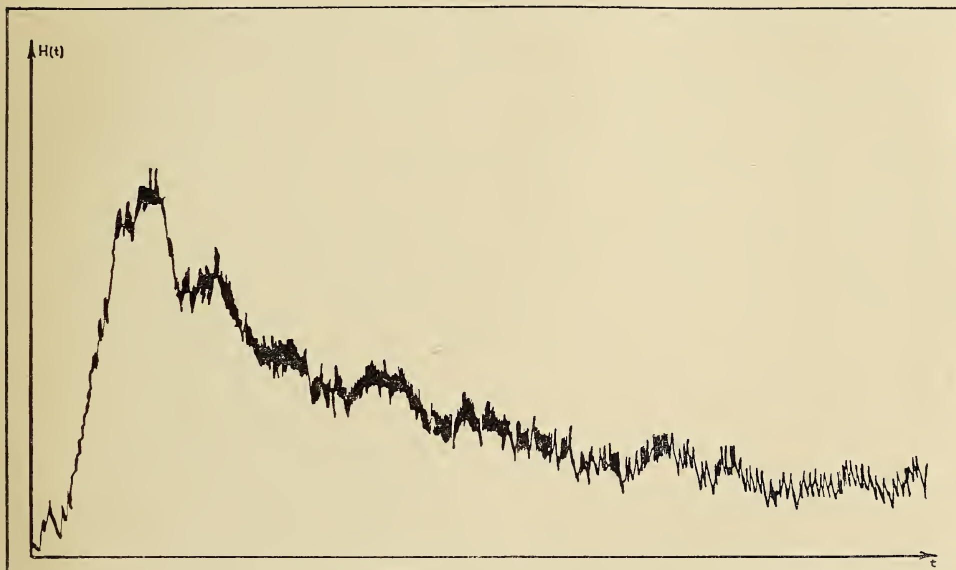


Fig. 2. — Radiocardiografía selectiva derecha, normal (48)

2. Desarrollo general

2.a) *Funciones de pulsos*

Una función "escalón unitario $u(t-n\Delta t)$" definida a partir de un instante $n\Delta t$ cumple:

$$u(t - n\,\Delta\, t) \begin{cases} = 0 & \text{para} \quad t < n\,\Delta\, t \\ = 1 & \text{para} \quad t > n\,\Delta\, t \end{cases} \tag{2.a.1}$$

Para $t = n\Delta t$ se tendrá una indeterminación; para ese instante se adoptará el valor unitario que corresponde a $t > n\Delta t$, tal como la sugiere la experiencia.

Cualquier función $f(t)$ que tiene validez a partir de un tiempo $t = n\Delta t$ se escribirá:

$$f(t) \, . \, u(t - n\,\Delta\, t) \tag{2.a.2}$$

y teniendo validez para:

$$t \in [n\,\Delta\, t, \quad n\,\Delta\, t + t_a] \tag{2.a.3}$$

se tiene:

$$f(t) \cdot \{ u(t - n \Delta t) - u [t - (n \Delta t + t_a)] \} \qquad (2.a.4)$$

Representada $f(t)$ en función de t en un sistema de coordenadas cartesianas ortogonales, el área comprendida entre la función (2.a.4) y el eje t será:

$$\int_{n\Delta t}^{n\Delta t + t_a} f(t) \{ u(t - n \Delta t) - u [t - (n \Delta t + t_a)] \} \, dt \qquad (2.a.5)$$

la que representa un pulso para $f(t)$ entre dos valores de tiempo $n\Delta t$ y $n\Delta t + t_a$. Si fuera $f(t) = k$, constante, (2.a.5) representaría el área de un rectángulo de altura k y base t_a.

2.b) *Análisis del radiocardiograma*

Para realizar el tratamiento matemático, se considera que, una vez llegado el bolo radiactivo al corazón derecho, la concentración de actividad del radionucleído dentro del ventrículo se mantiene constante e idéntica en todos sus puntos, durante la sístole ventricular, siendo, además, la misma en un punto próximo a la salida del ventrículo. También se supone que la eficiencia de medición es constante durante toda la revolución cardíaca. Bajo esas condiciones, la figura 3daría una curva hipotética de la secuencia de pulsos, o trenes de ellos, que representan las concentraciones en un punto inmediato al ventrículo derecho y dentro de la arteria pulmonar, a partir de $n_S = 1$. Así, según (2.a.5) se tendrá:

$$\sum_{n_S=1}^{\infty} C_{n_S} \quad \tau_{S_{n_S}} =$$

$$= \sum_{n_S=1}^{\infty} \int_{(n_S-1)\tau_R}^{(n_S-1)\tau_R+\tau_S} (X'/V_{VD})_{n_S} \{ u [t - (n_S - 1) \tau_R] - \qquad (2.b.1)$$

$$- u (t - [(n_S - 1) \tau_R + \tau_S]) \} \, dt$$

En esta expresión n_S es el número de sístole ventricular, siendo $n_S = 1$ la primer sístole ventricular que se produce, cuando solamente hay actividad en el ventrículo. El tiempo t se mide desde el comienzo de esta sístole.

Se observa que durante la diástole ventricular no hay expulsión y no se considera en la fórmula.

Los valores $X'_{n_{S'}}$, son los que se obtienen desde la figura 1, al comienzo de cada sístole, y con las expresiones:

$$X(t) = \frac{H(t)}{\varepsilon_{VD}} \qquad (2.b.2)$$

$$X'_0 = \frac{H'_1}{\varepsilon_{VD}} \qquad (2.b.3)$$

2.c) *Expresión del caudal cardíaco*

El caudal sanguíneo se manifiesta durante el tiempo de la sístole ventricular y su magnitud para valores diferenciales en τ_s será:

$$\varphi(t) = -\frac{dV(t)}{dt} \quad t \in [(n_S - 1)\,\tau_R, (n_S - 1)\,\tau_R + \tau_S] \tag{2.c.1}$$

Para todo el tiempo de una sístole se tendrá un caudal resultante:

$$\bar{\varphi}_{S_{n_S}} = -\frac{\Delta V_{n_S}}{\tau_{S_{n_S}}} \tag{2.c.2}$$

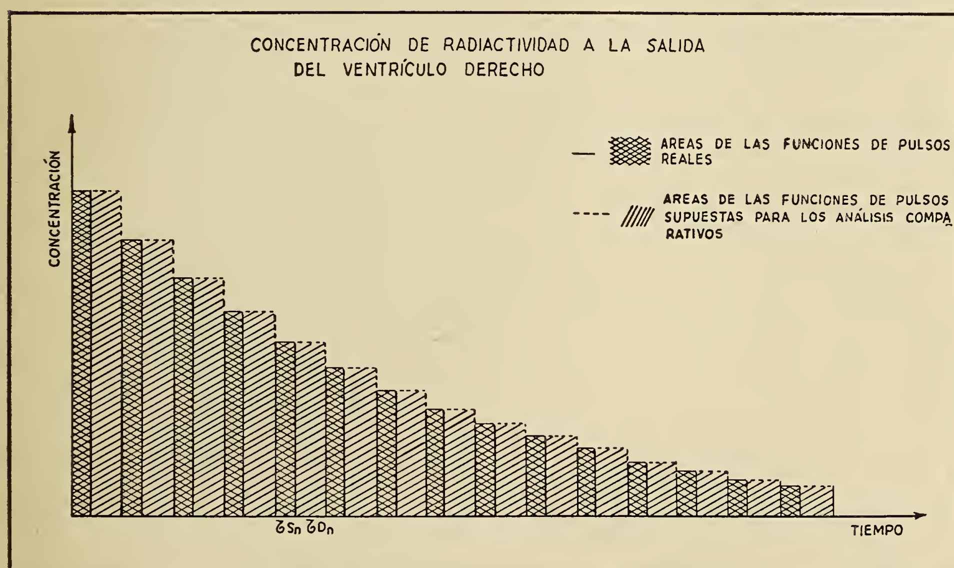


Fig. 3. — Expresada a partir de la primer sístole ventricular que se produce, cuando solamente hay radiactividad en el ventrículo

El caudal $\bar{\varphi}_s$ es un caudal medio sistólico, que resulta de un tren de pulsos de distintos volúmenes expulsados en distintos τ_s. Durante cada sístole ventricular hay una salida de radiactividad:

$$Q_{n_S} = \bar{\varphi}_{S_{n_S}} \cdot C_{n_S} \cdot \tau_{S_{n_S}} \tag{2.c.3}$$

Para la salida total de radiactividad a partir del valor X'_o, se tiene

$$\sum_{n_S=1}^{\infty} \Delta Q_{n_S} = X'_0 = \sum_{n_S=1}^{\infty} \bar{\varphi}_{S_{n_S}} \cdot C_{n_S} \cdot \tau_{S_{n_S}} \tag{2.c.4}$$

Para obtener un caudal promedio se aplica:

$$\bar{\varphi}_S = \frac{\sum_{n_S=1}^{\infty} \bar{\varphi}_{S_{n_S}} \cdot C_{n_S} \cdot \tau_{S_{n_S}}}{\sum_{n_S=1}^{\infty} C_{n_S} \cdot \tau_{S_{n_S}}} \tag{2.c.5}$$

Y, reemplazando por (2.c.4), se obtiene:

$$\bar{\varphi}_S = \frac{X'_0}{\sum_{n_S=1}^{\infty} C_{n_S} \cdot \tau_{S_{n_S}}} \qquad (2.c.6)$$

Y, con las expresiones (2.b.1) y (2.b.2) se obtiene:

$$\bar{\varphi}_S = \frac{X'_0}{\frac{1}{\varepsilon_{VD}} \sum_{n_S=1}^{\infty} \int_{(n_S-1)\tau_R}^{(n_S-1)\tau_R+\tau_S} (H'/V_{VD})_{n_S} \{ u[t-(n_S-1)\tau_R] - u(t-[(n_S-1)\tau_R+\tau_S]) \} dt} \qquad (2.c.7)$$

Sin embargo, el sistema de vasos que contiene a la sangre, reconoce en distinta medida la conformación pulsátil de las transferencias anteriores, de forma tal, que en zonas alejadas del ventrículo se manifiesta un caudal sanguíneo no discontínuo donde interviene la totalidad del tiempo de revolución.

Para una dada revolución es:

$$\bar{\varphi}_{R_{n_R}} = \bar{\varphi}_{S_{n_S}} \cdot \frac{\tau_{S_{n_S}}}{\tau_{R_{n_R}}} \qquad (2.c.8)$$

con la (2.c.3) y sumando para la totalidad de las revoluciones se tiene:

$$\sum_{n_S=1}^{\infty} \Delta Q_{n_S} = X'_0 = \sum_{n_R=n_S=1}^{\infty} \bar{\varphi}_{R_{n_R}} \cdot C_{n_S} \cdot \tau_{R_{n_R}} \qquad (2.c.9)$$

Análogamente a (2.c.5) se tiene:

$$\bar{\varphi} = \frac{\sum_{n_R=n_S=1}^{\infty} \bar{\varphi}_{R_{n_R}} \cdot C_{n_S} \cdot \tau_{R_{n_R}}}{\sum_{n_R=n_S=1}^{\infty} C_{n_S} \cdot \tau_{R_{n_R}}} \qquad (2.c.10)$$

Con (2.c.9) resulta ser:

$$\bar{\varphi} = \frac{X'_0}{\sum_{n_R=n_S=1}^{\infty} C_{n_S} \cdot \tau_{R_{n_R}}} \qquad (2.c.11)$$

que expresada en términos de funciones de pulsos y con (2.b.2) es:

$$\bar{\varphi} = \frac{X'_0}{\frac{1}{\varepsilon_{VD}} \sum_{n_S=1}^{\infty} \int_0^{\infty} (H'/V_{VD})_{n_S} \{ u[t-(n_S-1)\tau_R] - u[t-n_S \cdot \tau_R] \} dt} \qquad (2.c.12)$$

con (2.b.3) se obtiene:

$$\bar{\varphi} = \frac{H'_1}{\sum_{n_S=1}^{\infty} \int_0^{\infty} (H'/V_{VD})_{n_S} \{ u[t-(n_S-1)\tau_R] - u[t-n_S \cdot \tau_R] \} dt} \qquad (2.c.13)$$

Esta es la acuación fundamental para obtener el caudal cardíaco $\bar{\varphi}$ en términos de funciones de pulsos que se obtienen del registro radiocardiográfico.

2.d) *Sobre la aplicación experimental*

Bajo ciertas condiciones experimentales [21] y [44] en las que se utilizan diluciones salinas, y colorantes y material radiopaco, se han demostrado diferencias de concentraciones para estos trazadores, entre los valores obtenidos fuera y dentro de la cámara ventricular, así como diferencias en la uniformidad.

Si esto mismo sucediera cuando se usa un trazador radiactivo, la expresión de la concentración, implícitamente dada en (2.b.1):

$$C_{n_S} = (X'/V_{VD})_{n_S}$$

debe modificarse en un valor α, quedando:

$$C_{n_S} = (X'/\alpha \, . \, V_{VD})_{n_S}$$

donde α considera un defecto de concentración promedio a la salida, con respecto a la concentración promedio dentro del ventrículo. Ese defecto se debe a que en la figura 1 se toman los valores a partir de t_o, donde entra sangre sin radionucleído al ventrículo, a la que se agrega una anatomía ventricular donde la proximidad de las regiones de entrada y salida de sangre inhibe mezclados más uniformes.

Así:

$$\alpha_{n_S} > 1$$

y la ecuación (2.c.13) sería:

$$\bar{\varphi} = \frac{H'_1}{\sum_{n_S=1}^{\infty} \int_0^{\infty} (H'/\alpha V_{VD})_{n_S} \{ u[t - (n_S - 1)\tau_R] - u[t - n_S \, . \, \tau_R] \} \, dt} \qquad (2.d.1)$$

3. Discusión

Los principales aspectos a señalar son:

a) La ecuación (2.c.13) y la (2.d.1) utilizan solamente una parte del radiocardiograma a partir de t_o.

Esta parte también es utilizada por otros autores, pero con la suposición de una salida exponencial del tipo:

$$H'_{n_S} = H'_1 \, . \, e^{-n_S \cdot k_S \cdot \tau_S} \qquad (3.1)$$

y donde:

$$k_S = -\frac{1}{\tau_S} \ln \frac{V_{VD} - V_S}{V_{VD}} \qquad (3.2)$$

que también permitirá obtener el caudal, conociendo, como se hace en (2.c.13) el V_{VD}.

Como consecuencia de lo expuesto en (2.d), las expresiones (3.1) y (3.2) son de difícil cumplimiento, lo cual se tiene en cuenta en (2.d.1).

Además hay otras condiciones que invalidarían (3.1) y (3.2), que son:

1. En revoluciones sucesivas de registro el volumen de sístole ventricular (Vs) puede ser distinto.
2. En revoluciones sucesivas de registro el tiempo de sístole (τ_s) puede ser distinto.
3. El volumen de cámara del ventrículo derecho (VVD) puede variar de una revolución a otra.

b) El análisis matemático sigue la mecánica del proceso, que se realiza mediante una salida del flúido pulsátil considerada en la expresión (2.c.7).

Métodos clásicos en uso, utilizan expresiones derivadas para pasajes continuos de flúidos, de validez discutible si se aplican con valores obtenidos desde la figura 1.

c) Las expresiones (2.c.13) y (2.d.1) no requieren el uso de eficiencia de registro.

Métodos clásicos en uso, que utilizan expresiones derivadas para pasajes contínuos de fluídos, requieren eficiencias de registro que implican complicación experimental en cuanto a los colimadores de detección.

d) La inclusión de α_{n_S} en la expresión (2.c.13), que conduce a (2.d.1), exige el conocimiento de un nuevo factor para obtener el verdadero caudal $\overline{\varphi}$.

NOTA. — El presente trabajo forma parte de las tareas realizadas en cumplimiento del "Programa Conjunto de Investigación en Biomatemática", emprendido por convenio celebrado entre la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (U.B.A.), contando con el apoyo de un subsidio del Fondo Especial para la Investigación Científica, otorgado por la Universidad de Buenos Aires, por Resolución Nº 993/68.

Fue presentado en el 9º Simposio de Biomatemática y Ciencias de la Computación en las Ciencias de la Vida, celebrado en Houston, (U.S.A.) del 22 al 24 de marzo de 1971, siendo expuesto por el Dr. Máximo E. Valentinuzzi, a quien los autores expresan su agradecimiento por la intensa tarea desarrollada.

4. Nomenclatura

Símbolo	Significado
t :	tiempo.
Δt :	espacio de tiempo.
τ_S :	tiempo de sístole ventricular.
τ_R :	tiempo de revolución cardíaca.
n_S :	número de sístole ventricular.
C_{n_S} :	concentración de radiactividad en un punto inmediato al ventrículo derecho y dentro de la arteria pulmonar, durante una sístole ventricular.

Símbolo	Significado
X' :	actividad del radionucleído en el ventrículo derecho.
$X(t)$:	dosis de material radiactivo en corazón en el instante t.
X_o :	dosis de material radiactivo inyectada.
X'_o :	dosis de material radiactivo presente en el ventrículo derecho en el instante t_o.
V_{VD} :	volumen de cámara del ventrículo derecho.
t_o :	instante a partir del cual solamente hay radiactividad en el ventrículo derecho.
H'_{n_S} :	velocidad de contaje al comienzo de la sístole ventricular número n_s, contando a partir de t_o.
ε_{VD} :	eficiencia de medición del ventrículo derecho.
$dV(t)/dt$:	variación del caudal dado por el ventrículo derecho en el instante t.
$\bar{\varphi}S_{n_S}$:	caudal sistólico medio durante la sístole ventricular número n_s.
ΔV_{n_S} :	variación del volumen de cámara del ventrículo derecho entre comienzo y fin de la sístole ventricular número n_s.
$\bar{\varphi}_S$:	caudal medio sistólico.
$\bar{n}_R$:	número de revoluciones cardíacas.
φR_{n_R} :	caudal medio cardíaco durante la revolución número r_R
$\bar{\varphi}$:	caudal medio cardíaco.
ΔQ_{n_S} :	dosis de radiactividad expulsada durante una sístole ventricular.
α_{n_S} :	factor de corrección por diferencias de concentraciones promedio dentro y fuera del ventrículo.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Bellman, R.; Collier, C.; Kagiwada, H.; Kalaba, R. and Selvester, R., "Estimation of heart parameters using skin potential meassurements". Communications of the ACM, *7:* 666-668 (1964).
2. Betti, O. O.; Tenreyro, E. A. A. y Leguizamón, C. A., "Eficiencias de medición de cámaras cardíacas". Revista de Biología y Medicina Nuclear, 5 (2): 49-57 y 5 (3): 124-131 (1973).
3. Bing, R. J.; Heimbecker, R. and Falholt, W., "An estimation of the residual volume of blood in the right ventricle of normal and diseased human hearts in vivo". American Heart Journal, *42:* 483-502 (1951).
4. Bridwell, T.; Jenss, R. and Greene, D. G., "An evaluation of Starr's equation for the prediction of stroke volume". Circulation, *14:* 250-253 (1956).
5. Brotmacher, L., "Evaluation of derivation of cardiac output from blood pressure measurements". Circulation Research, *5:* 589-593 (1957).
6. Cornfield, J.; Steinfeld, J. and Grenhouse, S. W., "Models for the interpretation of experiments using tracer compounds". Biometrics, *16:* 212-234 (1960).
7. Cournard, A.; Donato, L.; Durand, J.; Rochester, D. F.; Parker, J. O.; Harvey, R. M. and Lewis, M. L., "Separate performance of both ventricles in man during the early phase of exercise, as analysed by the method of selective radiocardiography". Trans. Ass. Amer. Physicians, *73:* 283 (1960).
8. Delaloye, B. et Rivier, J. L., "La radiocardiographie, exploration fonctionnelle hémodynamique, son application en clinique". Journal Suisse de Médecine, *92:* 194 (1962).
9. Doyle, J. T.; Wilson, J. S.; Lepine, C. and Warren, J. V., "An evaluation of the measurement of the cardiac output and of the so-called pulmonary blood volume by the dye-dilution method". Journal of Laboratory and clinical Médicine, *41:* 29-39 (1953).

10. Fleming, J. and Hamer, J., "Left ventricular volume in aortic stenosis measured by an angiocardiographic and a thermodilution method". Brit Hear J., *30:* 475-482 (1968).
11. Gauer, O. H., "Volume changes of the left ventricle during blood pooling and exercises in the intact animal. Their effects on left ventricular perfomance". Physiol. Rev., *35:* 143 (1955).
12. Giuntini, C.; Lewis, M. L.; Sales Luis, A. and Harvey, R. M., "A study of the pulmonary blood volume in man by quantitative radiocardiography". Journal of Clinical Investigation, *42* (10): 1589-1605 (1963).
13. Gigli, G.; Donato, L.; Bartolomei, G. and Bianchi, R., "Diastolic and residual blood volumes in the right ventricle of normal subjects determined by means of radiocardiography". Min. Nucl., *2:* 10 (1958).
14. Glick, G.; Schreiner, B. F. (Jr.); Luria, M. N. and Yu, P. N., "Determination of cardiac output by means of radioisotope dilution technic". Progress in Cardiovascular Diseases, *4:* 586-615 (1962).
15. Goldschmidt, E., "Gröse und gewicht des Herzens unter normalen und pathologischen verhältnissen". Handbuch der Normalen und pathologischen physiologie, Siebener band, Erste Hälfte, Biutzirkulation, Erster Teil, Herz, S. 141.
16. Gorten, R. J., "The use of ^{125}Iodine for precordial counting". J. Nucl. Med., *6:* 169-174 (1965).
17. Hamilton, W. F.; Himmelstein, A.; Noble, R. P.; Remington, J. W.; Richards, D. N.; Wheder, N. C. and Witham, N. L., "Comparison of the Fick and dye injection methods of measuring the cardiac output in man". Amer. J. Physiol., *153:* 309 (1948).
18. Holm, H. H.; Sorensen, B. L. and Christiansen, J., "A method for the clinical determination of cardiac output". Acta Chir. Scand., *133:* 621-626 (1967).
19. Huff, R. L.; Feller, D. D. and Bogardus, G. M., "Cardiac output by body surface counting of I^{131} human serumalbumine". J. Clin. Invest., *33:* 944 (1954).
20. Huff, R. L.; Feller, D. D.; Judd, O. D. and Bogardus, G. M., "Cardiac output of man and dogs measured by "in vivo" analysis of iodinated I^{131} human serumalbumine". Circulation Research, *3:* 564 (1955).
21. Irisawa, H.; Wilson, M. F. and Rushmer, R. F., "Left ventricle as a mixing chamber". Circulation Research, *8:* 183-187 (1960).
22. Joyet, G.; Brunner, E. H.; Uehlinger, A. et Hauptmann, A., "Gammacardiographie: Théorie et détermination du débit, collimation et facteur de correction". Cardiologia, *43:* 259-297 (1963).
23. Kelleshohn, C. et Vernejoul, P. de, "La radiocardiographie. Application des indicateurs nucléaires á l'étude de l'hémodynamique cardiaque". Ann. Radiol., *11:* 809 (1959).
24. Kellershohn, C.; Vernejoul, P. de et Delaloye, B., "Sur la dilution d'un indicateur dans un systéme de cavités en série traversé par un fluide en régime pulsatoire. Application á l'hémodynamique cardiaque". C. R. Séances Acad. Sci., *252:* 1394-1396 (1961).
25. Kellershohn, C.; Vernejoul, P. de et Ivancevic, D., "Les indicateurs nucléaires de courte période physique en hémodynamique cardiaque". Arch. des Mal. du Coeur, *60:* 558-570 (1967).
26. Kinsman, J. M.; Moore, J. W. and Hamilton, W. F., Amer. J. Physiol, *89:* 322 (1955).
27. Koushanpour, E. and Collings, W. D., "Validation and dinamic applications of an ellipsoid model of the left ventricle". J. Appl. Physiol., *21:* 1655-1661 (1966).
28. Kuschnir, E.; Podio, R. B. y Pecorini, V., "Radiocardiografía. I. Estudio del volumen minuto cardíaco". Prens. Méd. Argentina, *55:* 639-656 (1968).
29. Lagerlof, H. and Werko, L., "Studies on the circulation in man. II. Normal values for cardiac output and pressure in the right auricle, right ventricle and pulmonary artery". Acta Phys. Scan. *16:* 75-82 (1949).
30. Lammerant, J. and Haxhe, J. J., "Relationships between cardiac output, blood volume and body composition in chloralose anesthetized normal dogs". Arch. Internat. Physiol. Bioch., *72:* 585-598 (1964).
31. Lammerant, J.; Veall, N. and De Visscher, M., "Observations on cardiac output and 'pulmonary blood volume' in normal man by external recording of the intracardiac flow of I^{131} labelled albumin". Nuclear Medizin. *1:* 353-379 (1961).

32. Leguizamón, C. A.; Betti, O. y Tenreyro, E. A. A., "Caudal y otras magnitudes del corazón mediante el método de la zona de mezclado total". Anales de la Soc. Científica Arg., CXCV (I-II): 3-24 (1973).
33. Liljestrand, G.; Lysholm, E.; Nylin, G. and Zachrisson, C. G., "Normal hearth volume in man'. Amer. Heart J., *17:* 406 (1939).
34. Macintyre, W. J.; Pritchard, W. H. and Moir, T. W., "The determination of cardiac output by the dilution method without arterial sampling. I. Analytical concepts". Circulation, *18:* 1139-1146 (1958).
35. Mack, R. E.; Wells, H. J. and Pollack, R., "An 'in vivo" method for the determination of cardiac output". Radiology, *68:* 245 (1957).
36. Marques, M. M. P.; Geraud, J.; Bru, A. et Bes, A., "Intérét clinique d'une méthode de détermination du débit cardique par enregistrement externe de la radio-activité aortique'. Journal de Médecine de Bordeaux, *138:* 1048-1057 (1961).
37. Nylin, G., Amer. Heart J., *30:* 1 (1945).
38. Prinzmetal, M.; Corday, E. Bergman, H. C.; Schwartz, L. and Spritzler, R. J., "Radiocardiography: a new method for studying the blood flow through the chambers of the heart in human beings". Science, *108:* 340 (1948).
39. Pritchard, W. H.; Macintyre, W. J. and Moir, T. W., "The determination of cardiac output by the dilution method without arterial sampling. II. Validation of precordial recording". Circulation, *18:* 1147-1154 (1958).
40. Pritchard, W. H.; Macintyre, W. J. and Moir, T. W., J. Lab. Clin. Med., *46:* 939 (1955).
41. Pritchard, W. H.; Macintyre, W. J.; Schmidt, W. C.; Brofman, B. L. and Moore, D. J., "The determination of cardiac output by a continuous recording system utilizing iokinated (I^{131}) human serum albumin. II. Clinical studies'. Circulation, *6:* 572-577 (1952).
42. Roston, S., "Mathematical formulation of cardiovascular dynamics by use of the Laplace transform". Bull. Math. Biophys., *21:* 1-11 (1959).
43. Roston, S., "Variation of pressure with cycle length and duration of systole in the two-chambered cardiovascular model". Bull. Math. Biophys., *24:* 129-135 (1962).
44. Swan, H. J. C.; Beck, W., "Ventricular nonomixing as a source of error in the estimation of ventricular volume by the indicator-dilution technic". Circulation Research, *8:* 989-998 (sep. 1960).
45. Vayo, H. W., "The motion of the left ventricles: I". Bull. Math. Biophys., *28:* 355-362 (1966).
46. — "The motion of the left ventricle: II". Bull. Math. Biophys., *29:* 499-512 (1967).
47. Veall, N.; Pearson, J. D.; Lowe, A. E. and Hanley, T., "A method for the determination of cardiac output". Proc. 2nd. Radioisotope Conference, Oxford, London; *1:* 183 (1954); Butterwworth.
48. Vernejoul, P. de; Delaloye, B.; Di Gregorio, V. et Kellershohn, C., "Mesure du débit cardique et des volumes ventriculaires par radiocardiographie". Rev. Franc. Etudes Clin. et Biol., *9:* 693-715 (1964).
49. Vernejoul, P. de et Kellershohn, C., "Considérations préliminaires sur l'étude expérimentale de la composante périodique du radiocardiogramme. Aplication á la détermination des volumes ventriculaires". Symposium International de Bad-Gastein, Autriche, 8-11 janvier 1964, in "Radioaktive Isotope in Klinik und forschung" band 6, édité par K. Fellinger et R. Höfer (Munich, Urban et Schwarzenberg, 1964).
50. Vernejoul, P. de et Kellershohn, C., "Messure du débit cardique au moyen d'indicateurs radioactifs". Congrés International de Physique Nucléaire et de Médecine Nucléaire. Clermont-Ferrand, 28 de juin-3 juillet, 1962.
51. Vernejoul, P. de; Kellershohn, C. et Ivancevic, D., "Sur la possibilité de déterminer le volume ventriculaire gauche par radiocardiographie". C. R. Acad. Sc. París, D *264:* 2230-2233 (1967).
52. Vernejoul, P. de; Valeyre, J. et Kellenrshohn, C., "Dosimétrie et technique d'utilisation du barium-137^{m} en hémodynamique cardiaque". C. R. Acad. Sc. París, D *264:* 1327-1330 (1967).

SERIE I. CIENCIAS, Nº 35 ISSN 0037-8437

LA INERCIA DE LA ENERGIA EN ATOMOS HIDROGENOIDES

Por JORGE A. GUALA [1]

RESUMEN

Se estudia la influencia de la pérdida relativista de masa en el sistema núcleo-electrón. Se establece que la distribución de dicha pérdida es tal que afecta casi únicamente la masa del electrón. Se determinó cómo afecta esto la exdresión teórica de los niveles energéticos y se llega a los efectos se manifiestan en los valores experimentales. El valor calculado para el potencial de ionización de Li^{+2} concuerda con la determinación espectroscópica.

ABSTRACT

The influence of the relativistic mass loss on the system nucleous-electron was studied. The mass los distribution is such that in all cases of experimental relevance only affects the electron mass. This effect was taken into account in the theoretical evaluation of the energy levels for hydrogen-like ions. The results compare satisfactorily with the spectroscopic measurements for the case of Li^{+2}.

LA ENERGIA TOTAL DE LOS SISTEMAS MONOELECTRONICOS

Tanto la descripción elemental de Bohr como la aproximación cuántica no relativista dan, como valores permitidos de la energía de los hidrogenoides, en la aproximación de masa nuclear infinita,

$$E_n = \frac{-Z^2 m_0 e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} = -Z^2 R_\infty \frac{1}{n^2} \tag{1}$$

$R_\infty = 13{,}605826 eV$ es la constante de Rydberg.

Haciendo $n = 1$ en ec. 1 se tiene la más baja de las energías permitidas al sistema, que debe coincidir con el potencial de ionización.

Reemplazando valores numéricos en (1) se obtienen, en general, resultados que difieren de los experimentales, siendo varias las causas de tales discrepancias. Una de ellas es la finitud de la masa nuclear, cuya consecuencia es la participación del núcleo en el movimiento atómico. La corrección se logra reemplazando masa electrónica por masa reducida,

$$E_n = \frac{-Z^2 m_r e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} = \frac{-Z^2 R_\infty m_r}{m_0} \frac{1}{n^2} \tag{2}$$

[1] Departamento de Química y Física, Universidad Nacional de Río Cuarto.

Este efecto es el más importante en los átomos ligeros, pues en el caso del hidrógeno el cociente m_o/m_r vale aproximadamente 1,00054.

Si se toman en cuenta efectos relativistas (Sommerfeld, Dirac) resulta para la energía, en primera aproximación,

$$E_n = \frac{-Z^2R_\infty}{n^2}\left[1 + \frac{\alpha^2Z^2}{n}\left(\frac{1}{j+1/2} - \frac{3}{4n}\right)\right] \quad (3)$$

$j = 1 \pm 1/2$; $1 = 0,1,2\ldots, n-1$
$\alpha = 7{,}29735\ 10^{-3}$ es la cte. de estructura fina de Sommerfeld (2).

Otro efecto, de menor orden, también tratado teóricamente, es el debido a la interacción entre el electrón y su propio campo. La contribución energética se conoce como corrimiento Lamb (3).

Lo que no tienen en cuenta las teorías anteriores es el efecto inercial debido a la energía potencial. En primer lugar, la masa que figura en (1) y (3) no puede ser la masa en reposo, m_o, sino la masa electrónica en el campo de fuerzas considerado, masa que dependerá de la energía total del mismo.

El efecto neto es una disminución de la masa proporcional a dicha energía. Esto es consecuencia del principio de conservación de la masa, pues al acercar, desde el infinito, un electrón al núcleo (inicialmente ambos en reposo relativo) se desprende una cantidad bien definida de energía. Si tras la transformación queda el átomo en su estado fundamental, la energía liberada, E, será igual al potencial de ionización.

Por ser la energía y la masa magnitudes inseparables (4), la energía liberada al formarse el átomo lleva consigo la masa $dm = E/c^2$.

Teniendo en cuenta (1) y llamando E_o a la energía del H en su estado fundamental, dicha masa valdrá aproximadamente.

$$dm = Z^2E_0/c^2 \quad (4)$$

DISTRIBUCION DE LA PERDIDA DE MASA ENTRE LOS COMPONENTES ATOMICOS

Conocida la disminución de masa que acompaña la formación de un átomo, es preciso conocer de qué manera se reparte aquella entre las partes (núcleo electrón). Por ser la energía cinética, T, proporcional a la masa reducida (5), y esta última aproximadamente igual a la masa electrónica, resulta que prácticamente la totalidad de la energía cinética está adscrita al electrón. Esto es cusa de que la masa del electrón experimente un aumento dado por T/c^2.

Queda por averiguar cómo se reparte la energía potencial entre los dos cuerpos, problema ya planteado por L. de Broglie (1924), quien expone correctamente el hecho físico, pero desconoce qué fracción de la energía potencial corresponde a cada una de las partes (6).

En 1964 L. Brillouin (7) estudia el problema de la distribución de la energía potencial asociada a un par de partículas eléctricamente cargadas, llegando a la conclusión de que aquella se reparte por igual entre ambos cuerpos.

Recién en 1968 J. Palacios (8) da la solución definitiva al problema, demostrando que:

"Cualesquiera que sean las interacciones, con tal que consistan en fuerzas iguales y contrarias, la energía potencial debe distribuirse entre ambos cuerpos en razón inversa de sus masas propias"

$$\frac{U}{U'} = \frac{m'}{m} \tag{5}$$

Volviendo al problema que nos ocupa y dada la pequeñez de la masa electrónica, comparada con la masa nuclear, resulta, en virtud de (5) que prácticamente la totalidad de la energía potencial está localizada en el electrón. Obviamente, la masa asociada con dicha energía también estará localizada en el electrón.

La energía potencial es responsable de una disminución de masa igual a U/c^2. Este resultado, sumado al efecto debido a la energía cinética conduce, con el auxilio del teorema del virial ($E = -T = 1/2U$) a la siguiente conclusión:

Dentro del átomo hidrogenoide la masa del electrón experimenta un aumento dado por E/c^2 y una disminución que vale $2E/c^2$. El resultado neto es una disminución $dm = E/c^2 = Z^2E_o/c^2$. Para el hidrógeno vale aproximadamente $0{,}000242\ 10^{-31}$ kg.

EFECTO DE LA INERCIA EN EL ION LI^{+2}

Para aplicar debidamente las ideas antes expuestas es necesario expresar cuánticamente la ley fundamental de la dinámica para una partícula cargada que se mueve libremente en un campo eléctrico.

La expresión de dicha ley es [9], para un corpúsculo de carga Q que se mueve con la velocidad v en un campo de potencial V,

$$-Q\,(1 - v^2/c^2)^{3/2} \operatorname{grad} V = m\,\frac{dv}{dt} \tag{6}$$

Aún sin abordar por el momento tal problema, tratemos de aplicar el efecto inercial discutido a algún sistema real que pueda considerarse clásicamente.

Parecería indicado referirse al H o al He^+, pues al ser los menos energético, menores serán las correcciones relativistas (proporcionales a α^2Z^2). Pero, según vimos en (1) para estos sistemas, la corrección por masa nuclear finita es la más significativa.

Para el Li^{+2} la situación cambia, ya que el cociente m_o/m vale 1,00024 en tanto que $M + m/M$ no supera a 1,00008. La masa reducida del ion, en su estado fundamental, valdrá $mM/M + m$, donde m es la masa electrónica: $m = m_o - dm = (9{,}109558 - 0{,}002178)\ 10^{-31}$ kg, y M es la masa nuclear.

Con estas consideraciones la ec. (2) da, como primera aproximación de la energía del Li^{+2} en su estado fundamental:

$$9 \times 13{,}605826 \times \frac{9{,}107380}{9{,}109558} \times \frac{1}{1{,}00008} = 122{,}413 \text{ eV}$$

Aplicando (3) junto con la corrección por masa nuclear finita resulta:

$$9 \times 13,605826 \times \frac{1,00012}{1,00008} = 122,457 \text{ eV}$$

El valor experimental del potencial de ionización del Li^{+2}, obtenido por técnicas espectroscópicas ([10]) vale 122,419 eV.

Como se ve, el tomar en consideración los efectos inerciales debidos a la energía total conduce a una ajustada predicción teórica del potencial de ionización.

BIBLIOGRAFIA

1. Eyring, Hendersón, Jost, *Physical Chemtstry, an advanced treatise*, vol. 3, pág. 279-280. Academic Press, New York/London. 1969.
2. Berestetskii, Lifshitz y Pitaevskii, *Teoría Cuántica Relativista*, vol. 4, pág. 134-143. Ed. Reverté. Barcelona. 1971.
3. Eyring, Henderson, Jost, *Loc. cit.*, pág. 281.
4. Palacios, J. *Análisis Dimensional*. pág. 44 a 46. Ed. Espasa Calpe, Madrid, 1964.
5. Landau et Lifchitz, *Mécanique Quantique* vol. 3, pág. 229 a 233. Ac. Press. New York. 1957.
6. Broglie, L. de. *Recherches sur la théorie des Quanta*, Cap. 4, pág. 57-58. Masson et Cie. Paris, 1963.
7. Brillouin, L. « *C. R.* » 259, 2361 (1964).
8. Palacios, J. Rev. Real Acad. Ciencias Exactas, Fís. y Nat. de Madrid, Tomo LXII. Cuad. primero, pág. 102-103. Madrid 1968.
9. Palacios, J. Idem. Ref. 8, pág. 97-98.
10. Los cálculos numéricos efectuados con datos de *Handbook of Chemistry and Physics*. 53RD Ed. 1972-73. CRC Press.

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS, Nº 38 ISSN 0037-8437

UN RESUMEN DE RECIENTES INVESTIGACIONES ANALITICAS Y EXPERIMENTALES SOBRE CABLES OCEANOGRAFICOS

Por Dr. Ing. PATRICIO A. A. LAURA, Ph.D.[1]

SUMARIO

Requerimientos modernos de sistemas oceanográficos hacen imperiosa la necesidad de conocer en forma detallada el comportamiento dinámico-estructural de sistemas de cables.

Aplicaciones corrientes y futuras son: sensores remolcados a alta velocidad, la operabilidad de vehículos e instrumentos a grandes velocidades, el uso de boyas con sensores acústicos, etc.

En este trabajo el autor describe algunos de los problemas de investigación estudiados en el Proyecto Themis: Dinámica de Sistemas de Cables (Departamento de Defensa, Washington, D.C.) del cual fue director desde su creación hasta el año 1970.

ABSTRACT

Mechanical cables have long been used for towing, remote control or for the supplying of communication or other service links between two vehicles. Operational requirements now imposed by both commercial and military interests demand a deep understanding of the behavior of such fairly complex structural system.

Some of the research programs undertaken by the author and his associates and performed under the Themis Program (Defense Department, Washington D.C.) are described in the present paper.

INTRODUCCION

El análisis de sistemas de cables sometidos a la acción de fuerzas que son originadas por el movimiento relativo del elemento sólido con respecto a un medio fluído, ha sido impulsado por diversos problemas de ingeniería oceanográfica: remolque, amarre de barcos y boyas; operaciones de salvamento, etcétera.

Las primeras investigaciones fueron originadas por fallas de cables que tuvieron lugar en el primer intento de colocación de un cable transatlántico en el verano de 1875. Dos artículos fueron escritos por Lord Kelvin sobre el tema [1, 2].

Durante la primera guerra mundial los estudios sobre cables mecánicos estuvieron relacionados con operaciones bélicas [3, 4].

[1] Miembro: Carrera del Investigador Científico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Profesor Titular, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

En el transcurso de la segunda guerra mundial varios estudios tuvieron su origen en el remolque de planeadores, blancos de tiro y equipos barreminas, así como remolque de embarcaciones de diversas categorías y amarre de boyas bajo condiciones de régimen.

Poco antes de mediados del siglo XX algunos investigadores comenzaron estudios relacionados con la respuesta dinámica de cables mecánicos. W. H. Phillips fue un verdadero pionere de esta área (5). Estos primeros estudios consideraron el movimiento violento de objetos remolcados en el aire. que según se había observado, experimentaban violentas secudidas a altas velocidades.

En épocas más recientes la generación de nuevos requerimientos de la ingeniería oceanográfica ha hecho crítica la necesidad de conocer con más exactitud el comportamiento dinámico-estructural de sistemas de cables [1].

Aplicaciones corrientes y futuras son: uso de antenas de radio remolcadas por submarinos en movimiento; operabilidad de vehículos e instrumentos a grandes profundidades; el uso de boyas con sensores acústicos para detectar la caída de cápsulas espaciales; etc.

Todas estas aplicaciones requieren el poder predecir tensiones estáticas y dinámicas en un sistema de cables para asegurar máxima resistencia del cable con mínimo tamaño, peso y costo.

Un programa general de investigaciones comenzó en Catholic University of America (Washington D.C.) en el año 1968 con el auspicio del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica con el nombre: Themis Program, Dynamics of Cable Systems bajo la dirección del autor [2] (ver cuadro 1).

El programa considera tres áreas generales de investigación (8):

A. Estudios básicos desde el punto de vista de mecánica de sólidos.
B. Sistemas elementales de cables.
C. Sistema operacionales de cables.

A continuación se presenta na breve reseña de algunos de los problemas estudiados en cada una de las áreas mencionadas anteriormente.

A. Estudios básicos desde el punto de vista de mecánica de sólidos

A.1 *Determinación de propiedades mecánicas y emisión acústica en el caso de rotura.*

Esta investigación se ha limitado a la determinación de los módulos de elasticidad y de Poisson, cargas de rotura y emisiones acústicas producidas por las ondas de tensión liberadas al producirse la rotura de alambres del cable (9, 10).

Es interesante mencionar que los valores del "módulo de Poisson" determinados difieren grandemente del valor 1/2 que corresponde al caso límite

[1] Compilaciones bibliográficas sobre el tema han sido realizadas bajo los auspicios del Departamento de Defensa (EE.UU.) 6, 7.

[2] El autor regresó a la Argentina en julio de 1970. El programa continúa en Washington bajo la dirección del Dr. M. J. Casarella.

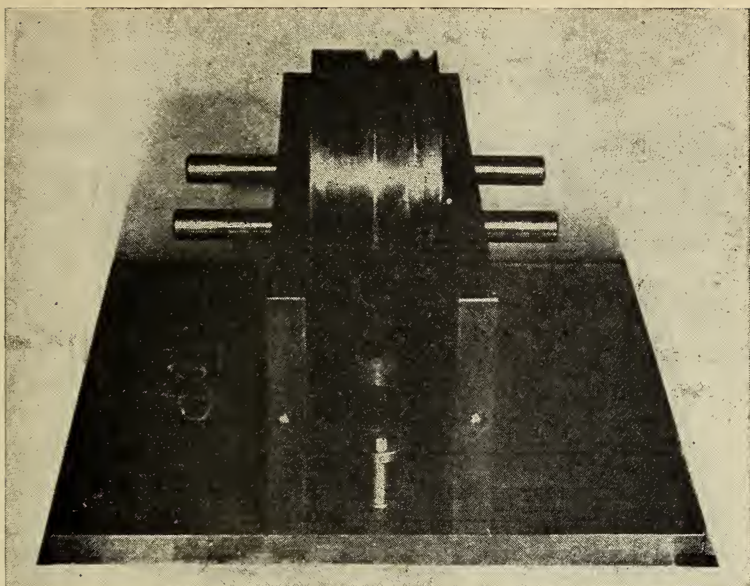


Figura 1

de medios sólidos contínuos, ya que en el caso de un cable, el "módulo de Poisson" incluye un acercamiento entre fibras y cordones. Este efecto puede ser de importancia en la determinación de cargas hidrodinámicas que actúan en el cable. Los cables fueron ensayados en una máquina Universal Tinius

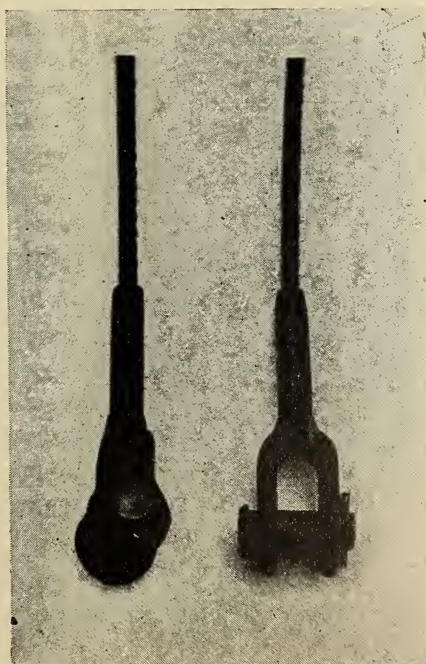


Figura 2

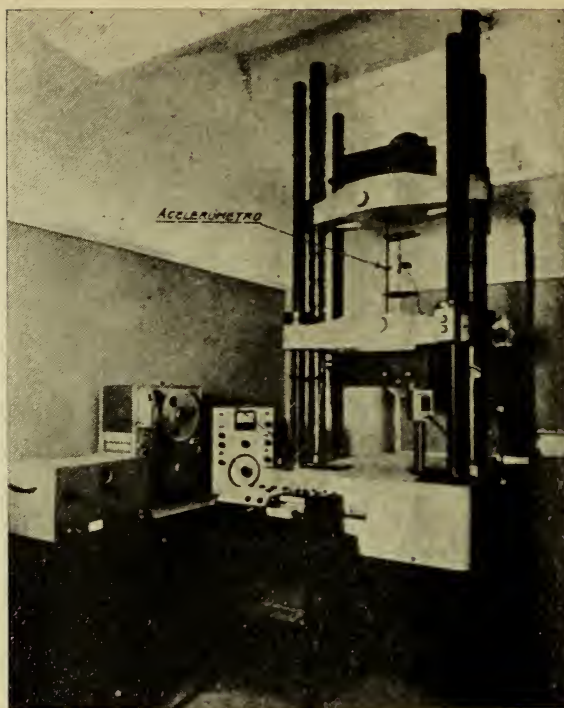


Figura 3

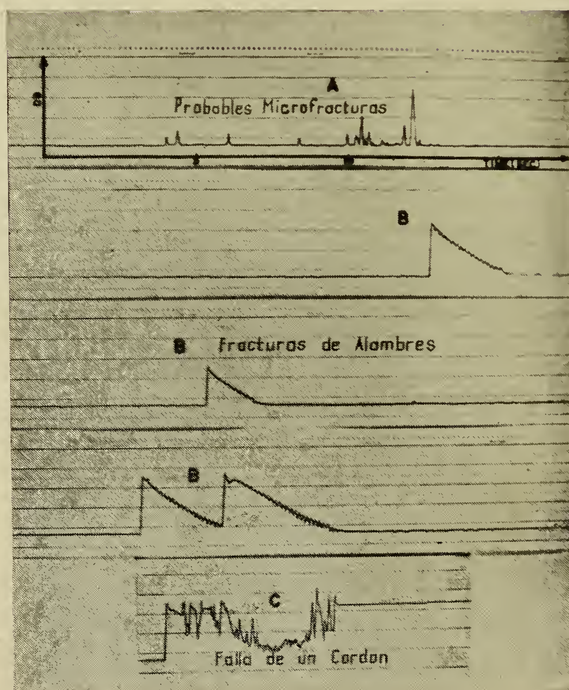


Figura 4 (Referencia 9)

Olsen (120.000 libras) con diferentes condiciones en sus extremos: tambor con fricción (figura 1) y grilletes (figura 2).

No se notaron variaciones apreciables en las cargas de rotura al utilizar ambos dispositivos, pero se obtuvo una diferencia del orden del 10-15 % en la determinación de los módulos elásticos. Esta diferencia se debe en gran parte al deslizamiento que tiene lugar entre el cable y el tambor, modificando la curva tensión-deformación.

La Figura 3 muestra el "set-up" utlizado para la detección de la emisión acústica en el caso de fractura de fibras. Resultados típicos se muestran en la Figura 4.

A.2 *Determinación de coeficientes de fricción interna en ensayos vibratorios.* Propagación de pulsos longitudinales.

En la Ref. 11 se presenta un estudio detallado de las propiedades dinámicas de cables de acero. Se ha considerado un modelo matemático viscoso para representar el amortiguamiento interno del cable, habiéndose realizado experiencias tanto en aires como en agua en el caso de vibraciones longitudinales.

Chung presenta también una expresión empírica que relaciona a la velocidad de propagación de una onda longitudinal C_0 con el módulo elástico E y la densidad del cable de acero, siendo ésta:

$$C_0 = K_v (E/\rho)^{1/2}$$

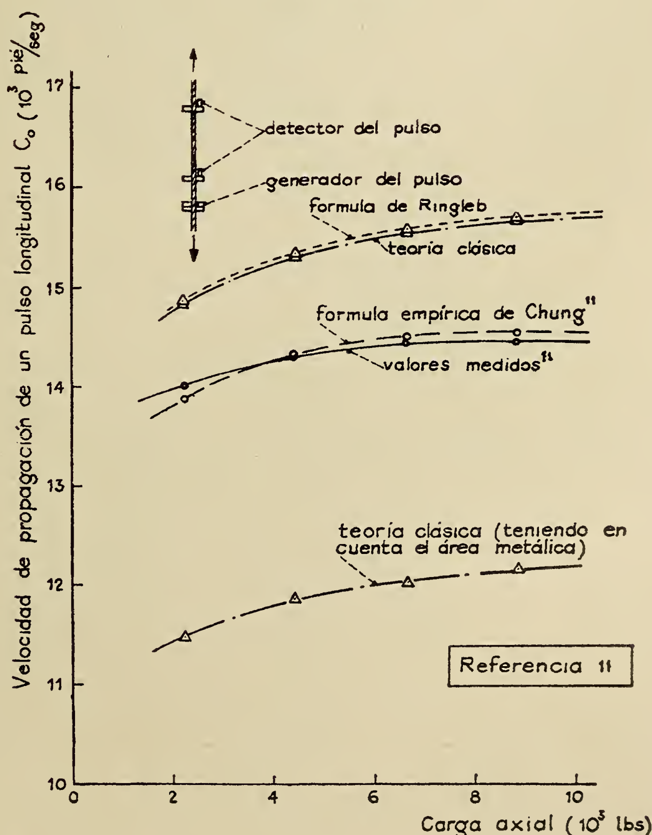


Fig. 5. — Comparación de resultados de C_0 (cable de acero de 7 × 19

donde $\delta = W/A.g$, W el peso por unidad de longitud del cable y A su sección. El coeficiente K_v depende del tipo de construcción del cable.

En los ensayos realizados con el objeto de determinar E, los cables fueron asegurados mediante grilletes, siendo E la tangente trigonométrica de la pendiente a la cuva-deformación. La Figura 5 muestra una comparación de los resultados obtenidos para C_o utilizando diversos procedimientos.

Determinaciones experimentales de C_o fueron también realizadas por Vanderveldt y Gilheany [12].

A.3 *Técnicas de fotoelasticidad dinámica*

La meta de esta parte de la investigación ,llevada a cabo en el proyecto Themis es poder llegar a una comprensión básica de sistema boya-cable-medio fluído mediante métodos fotoelásticos.

Algunos fluídos exhiben propiedades birrefringentes que son muy sensibles a la acción de tensiones tangenciales inducidas por flujo del fluído. La Figura 6 muestra el compo de tensiones en un medio fluído producido por el movimiento del sistema boya-cable-fluído. La excitación es producida por un aparato electromecánico que induce ondas supreficiales en la superficie del fluído birrefringente. Varios estudios han sido publicados por el Profesor A. J. Durelli y sus colaboradores como resultado de las investigaciones realizadas [13, 14].

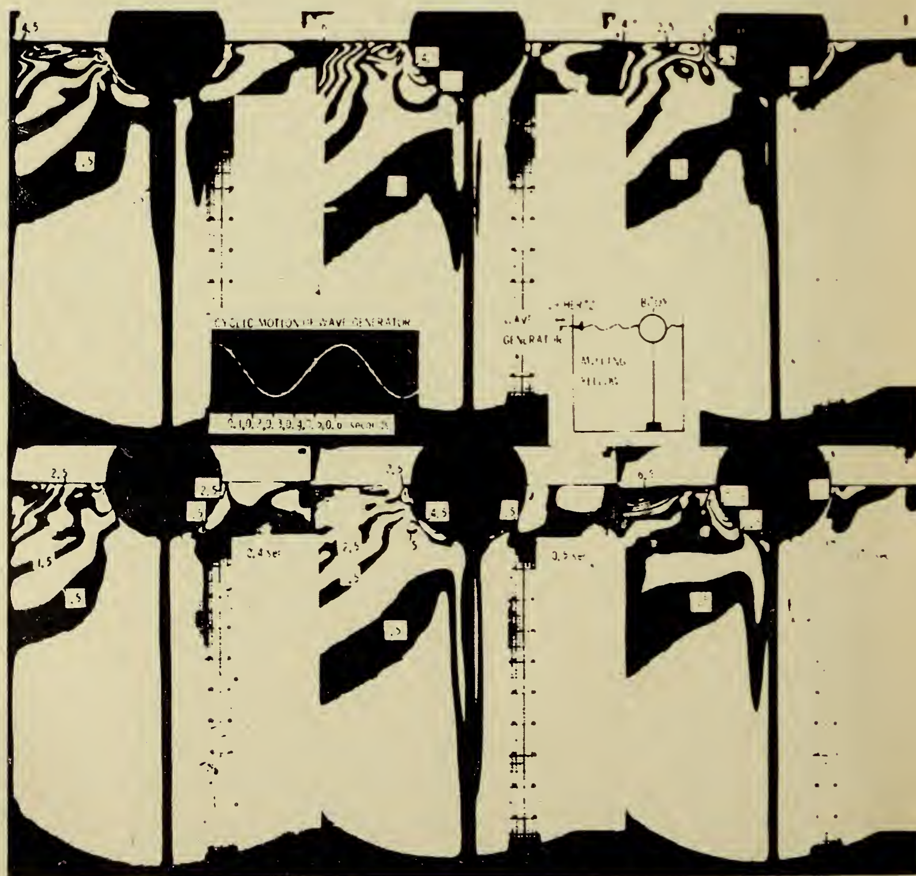


Figura 6

Es interesante mencionar el hecho de que a raíz de estos estudios se han originado otras investigaciones ([15]), vinculadas con problemas de cables pero de naturaleza física más básica, como ser el fenómeno de propagación de ondas en medios continuos sujetos a tensión inicial.

Este problema es de interés en varios campos de la ciencia aplicada: geofísica, acústica, ingeniería estructural, etc. La Figura 7 muestra algunos resultados obtenidos por Clarck, Durelli y Laura ([15]).

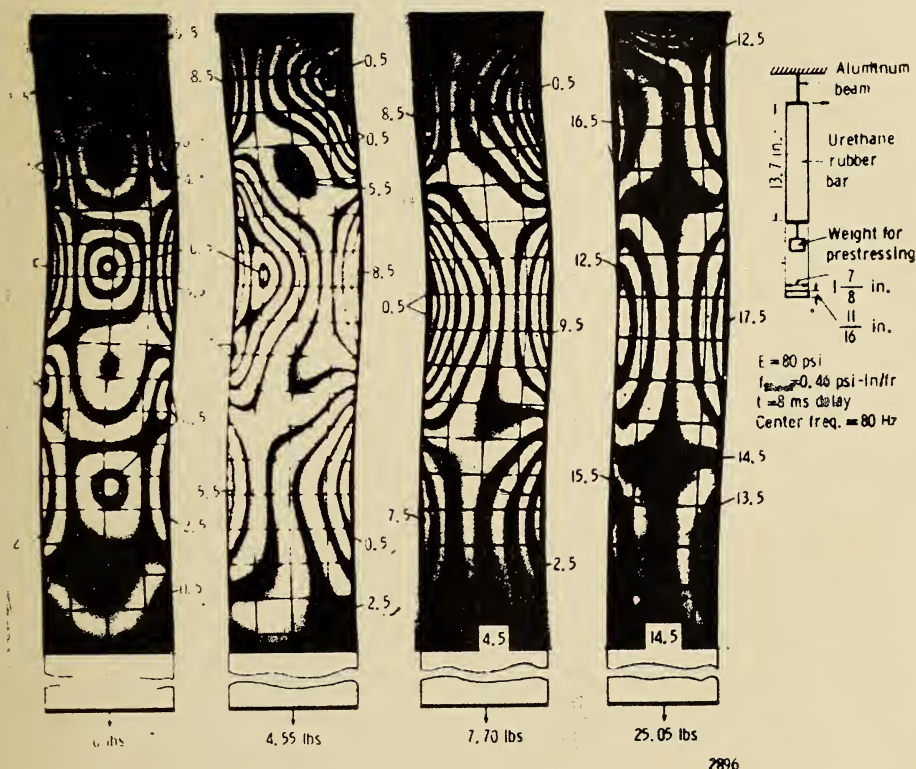


Figura 7 (Referencia 15)

A.4 *Fenómeno de impacto en cables producido por inestabilidad dinámica*

Laura y Goeller han considerado un problema básico de inestabilidad dinámica, que es de interés en ingeniería oceanológica y otras ramas de la tecnología ([16]). Se analiza el comportamiento de un cable del cual está suspendido una carga útil en un extremo y en cuyo extremo superior se aplica un desplazamiento excitador sinusoidal.

Si el esfuerzo resultante en cualquier sección es siempre de tracción, el cable se comporta como una barra sólida y un análisis posible consiste en hacer uso de la ecuación de la onda en un dimensión teniendo en cuenta los efectos de amortiguamiento de dos tipos: externo y interno.

Aumentando la frecuencia de excitación se llega a un estado de tensiones de compresión y la configuración recta de equilibrio no es más estable. dado que la rigidez a la flexión de un cable es en general despreciable. El peso suspendido asciende en "vuelo libre" y luego cae produciéndose severas condiciones de impacto.

La Referencia 16 contiene un revisión de investigaciones recientes [17, 19], realizadas por los autores llegándose a conclusiones de interés práctico directo por un lado y por otro, se añade una modesta contribución analítica y experimental a la teoría general de la estabilidad dinámica.

Para mayor generalidad se considera un sistema de cables segmentados (por ejemplo acero en la parte superior y nylon en la inferior) (Figura 8). Tales sistemas son comunes en oceanografía para prevenir fallas del sistema, ya que, en una enorme cantidad de experiencias realizadas, los peces muerden el cable de nylon hasta profundidades que llegan a varios cientos de metros dependiendo del tipo de fauna marina [20].

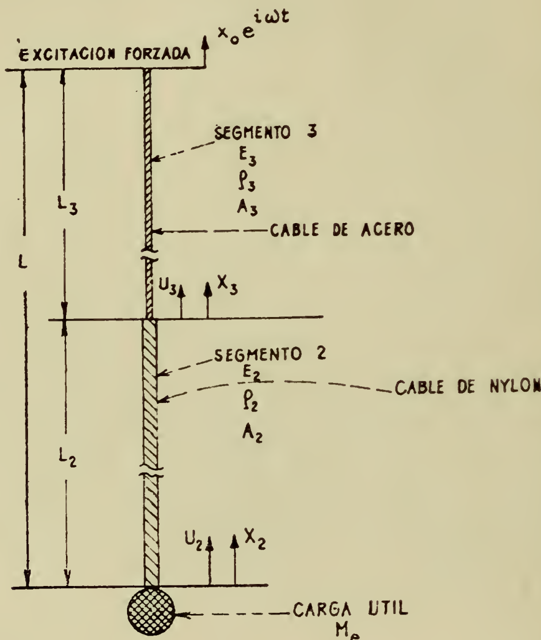


Fig. 8. — Sistema segmentado de cables

Si el sistema cable-peso útil suspendido se comporta como una barra rígida el modelo desarrollado por los autores [17] considera al problema como una de dinámica de un medio contínuo. Cuando el sistema se vuelve inestable es más conveniente considerar al sistema dividiéndolo en elementos discretos [18].

ANALISIS DEL PROBLEMA DE INESTABILIDAD DINAMICA

En este caso resulta más conveniente considerar al sistema como uno de dos grados de libertad y ha sido estudiado en detalle por los autores en la Ref. 18.

La naturaleza viscoelástica de cada segmento de cable es representada por un modelo Voigt. Se supone que las fuerzas de interacción que actúan en el cable y en la masa suspendida son proporcionales al cuadrado de la magnitud de la velocidad instantánea.

Dado que la inestabilidad del sistema tiene lugar cuando la fuerza total que actúa en el cable es cero o menor que cero es conveniente expresar al estado dinámico del sistema referido al estado del sistema cuando no existen tensiones mecánicas.

Incrementando el valor de la frecuencia de excitación ω uno llega a un valor crítico de la frecuencia circular (ω_o) para cualquiera de las tres situaciones siguientes:

a) la fuerza F_2 en el segmento inferior es cero.
b) la fuerza F_3 en el segmento superior es cero.
c) las condiciones (*a*) y (*b*) ocurren simultáneamente.

Se examina a continuación la condición de inestabilidad (*a*). En este caso F_2 posee valor nulo y tiende a volverse negativa mientras que F_3 es positiva:

$$F_2(t, \omega) = k_2 (x_2 - x_3) + C_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) = 0$$

$$F_3(t, \omega) = k_3 (x_3 - x_1) + C_3 (\dot{x}_3 - \dot{x}_1) > 0$$

Por consiguiente durante el régimen (*a*) F_2 (t, ω) debe tomarse igual a cero, dado que en la práctica la estructura del cable no puede absorber esfuerzos de compresión significativos.

El análisis de las condiciones (*b*) y (*c*) es similar.

El procedimiento computacional es el siguiente: se comienza con valores pequeños de ω y se comienza a "alimentar" de este modo al programa dándole también los parámetros físicos restantes.

Los valores de fuerzas y desplazamientos se computan en función del tiempo y a cada paso se verifican las condiciones de inestabilidad. Se incrementa la frecuencia en forma monotónica y el procedimiento se continúa hasta que se llega a una de las condiciones de inestabilidad *a*), *b*) o *c*).

El programa calcula entonces los desplazamientos dinámicos en función del tiempo hasta el instante en que la fuerza se vuelve positiva en cada segmento.

INVESTIGACION EXPERIMENTAL

Los experimentos considerados necesarios para verificar la teoría desarrollada por los autores, fueron llevados a cabo en el Tanque Hidrobalístico del Naval Ordnance Laboratory (Armada Norteamericana) White Oak, Md. (EE. UU.) (ver Fig. 9). El mecanismo excitador está colocado en la cubierta del tanque y el cable pasa a través de un orificio de la cubierta. El mecanismo excitador es mostrado en detalle en la Fig. 10.

Es importante señalar que el sistema excitador y su infraestructura fueron diseñados con una gran rigidez en comparación con los sistemas de cables que se investigaron de modo que no contribuyeran de manera apreciable a las propiedades elásticas de los sistemas en investigación.

Las fuerzas fueron medidas mediante células de carga colocadas en los dos extremos del cable.

Una célula especial fue diseñada utilizando extensómetros eléctricos cuidadosamente aislados del medio líquido, para medir esfuerzos dinámicos en el extremo inferior del sistema.

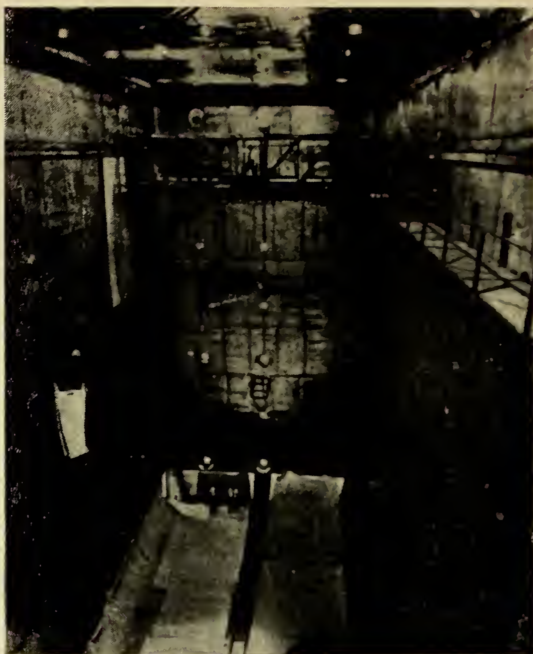


Figura 9

Para verificar la respuesta del oscilógrafo (tipo Beckman) en condiciones de impacto, se llevaron a cabo varias experiencias utilizando un Oscilógrafo Visicorder Honeywell equipado con galvanómetros que daba una respuesta válida hasta 50 kilohertz.

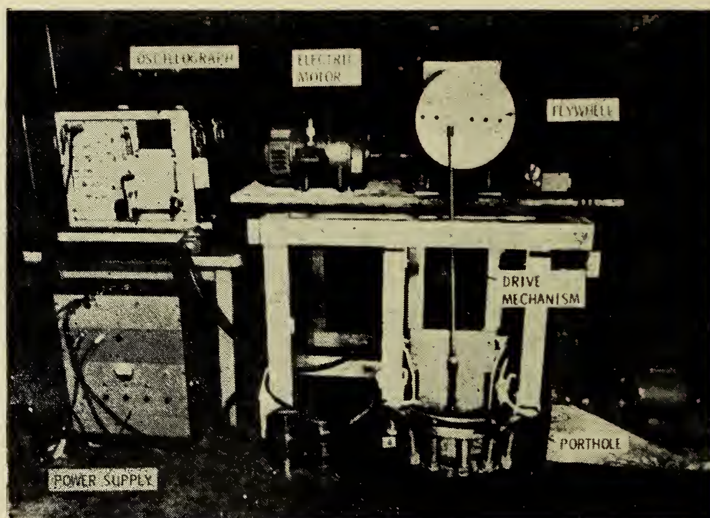


Figura 10

Tipos de Cables Investigados

Se estudiaron dos tipos de sistemas de cables: *a*) cables de acero y *b*) sistemas segmentados acero-nylon, los cables de acero fueron del tipo comúnmente usado en la industria aeronáutica, ya que es posible conseguirlos en diámetros muy pequeños. Se usaron cables de 0,0625 y 0,09375 pulgadas respectivamente y todos fueron 7×7.

Se utilizó cable de nylon de 0,25 pulgadas de diámetro cuya carga de rotura es del orden de 1.100 libras.

Resultados de gran interés práctico han sido publicados por Paquette y Henderson [21]. Siguiendo recomendaciones de estos autores en el presente trabajo se utilizó una constante de resorte efectiva basada en la medición de la frecuencia natural de vibración de una masa M_e suspendida del cable. El valor de esta constante es $k_e = M_e \cdot \omega_{ne}^2$.

Es interesante hacer notar que el valor de k_e obtenido en agua es mucho más pqeueño que aquel obtenido en aire; este fenómeno puede deberse a un efecto lubricante del medio líquido al actuar entre las fibras del cable de nylon.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

El número de experiencias realizadas fue muy grande y solamente se informa aquí sobre algunas de las más significativas.

En la figura 11 se muestran valores máximos de fuerza en el extremo superior de un cable de acero de 1/16″ vibrando en agua. El valor de frecuencia crítica predecido por la simple teoría desarrollada por los autores está en acuerdo excelente con el valor obtenido experimentalmente. La teoría predice sucesivos máximos y mínimos relativos en la relación funcional que se muestra gráficamente en la figura 11. El primer valor máximo de fuerza de acuerdo con la teoría es de 155 libras para $f = 1{,}28$ Hz. (Punto A) y el valor obtenido experimentalmente fue de 150 libras. En algunas de las experiencias realizadas los esfuerzos dinámicos fueron nueve veces mayores que los estáticos. Resulta obvio concluir que este hecho debe ser tenido en cuenta en el diseño de sistemas de cables si las frecuencias de excitación están próximas a la crítica.

Desde el punto de vista del ingeniero de diseño hay varias soluciones posibles. Una solución consiste en utilizar amortiguadores y elásticos en el extremo inferior del cable. Esto se logró de un modo muy simple por los autores colocando un segmento de cable de nylon en el extremo inferior del cable de acero. De este modo se agregó a un cable de acero de 3/32″ un segmento de cable de nylon de 6 pies (diámetro: 1/4″). El máximo valor del esfuerzo dinámico se muestra en la figura 12 en función de la frecuencia de excitación.

En la figura 13 se muestran resultados experimentales para el esfuerzo máximo en el extremo superior de un sistema segmentado (amplitud de oscilación: 2″).

Este problema de inestabilidad dinámica es de gran interés en sistemas de transporte de carga mediante helicópteros.

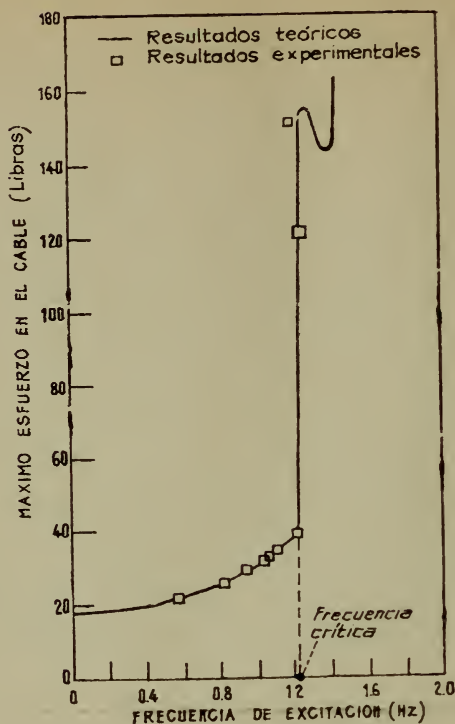


Fig. 11. — Esfuerzo máximo total en el extremo superior de un cable de acero de $^1/_{16}''$ en función de la frecuencia de exitación (Referencia 16)

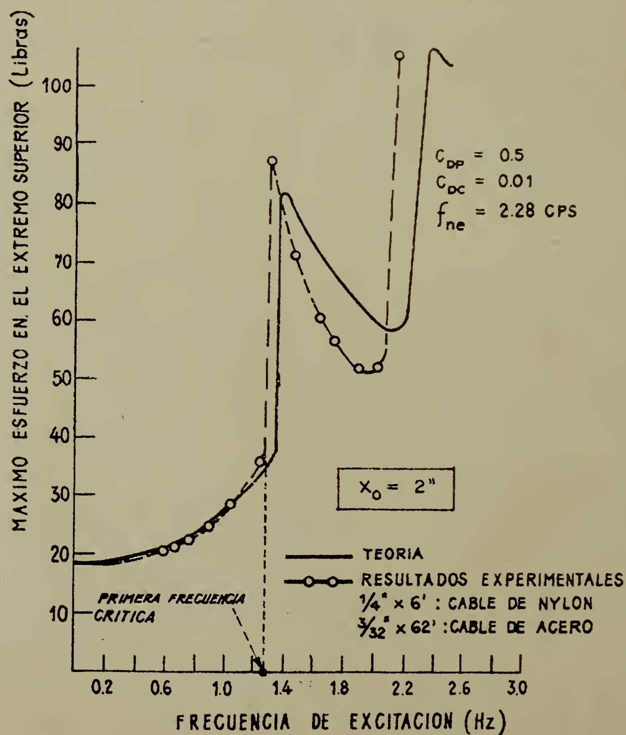


Fig. 12. — Esfuerzo máximo total en el extremo superior de un sistema segmentado de cables vibrando en agua (X_0 = 2 pulgadas). (Referencia 16)

Es importante mencionar también, que resultados obtenidos en experiencias realizadas por la Armada Norteamericana en el año 1971, han coincidido con gran precisión con los valores determinados utilizando el modelo matemático desarrollado por los autores.

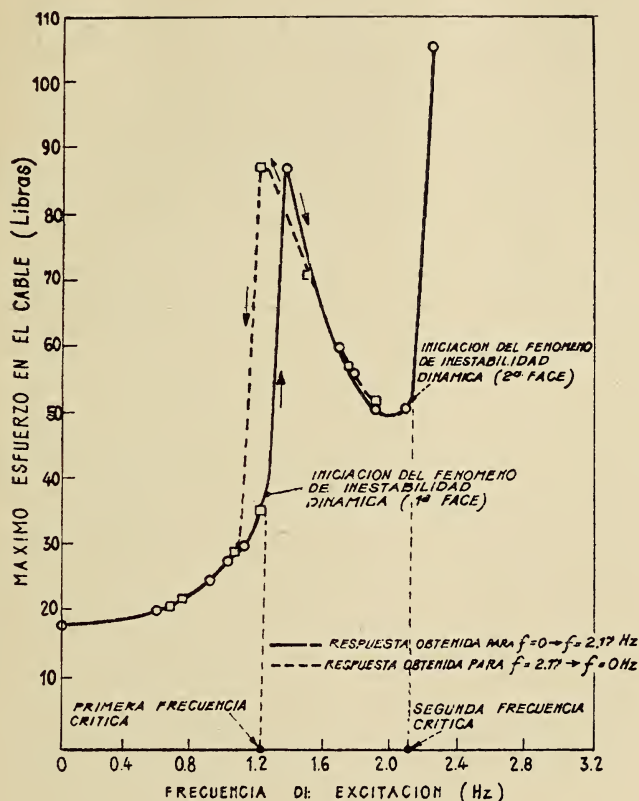


Fig. 13. — Esfuerzo máximo total en el extremo superior de un sistema segmentado de cables vibrando en agua : comparación de resultados y experimentales (Referencia 16)

B. Sistemas Elementales de Cables

B.1 — *Vibraciones Forzadas de Sistemas Segmentados de Cables*

El primer experimento que será analizado es el realizado con un cable de 3/32 pulgadas de diámetro y 62 pies de largo del cual se suspendió la carga útil. La longitud "seca" del cable fue de 16,5 pies y la "mojada": 45,5 pies.

El experimento comenzó aplicando una amplitud de 3 pulgadas. Se obtuvieron condiciones de régimen casi inmediatamente. A bajas frecuencias la respuesta fue prácticamente sinusoidal, pero a medida que la frecuencia aumentaba se observaron irregularidades en la curva de respuesta. Estas irregularidades son atribuibles a la existencia de amortiguamiento externo no lineal y están en buen acuerdo con los resultados obtenidos en una computadora analógica para un sistema de un grado de libertad.

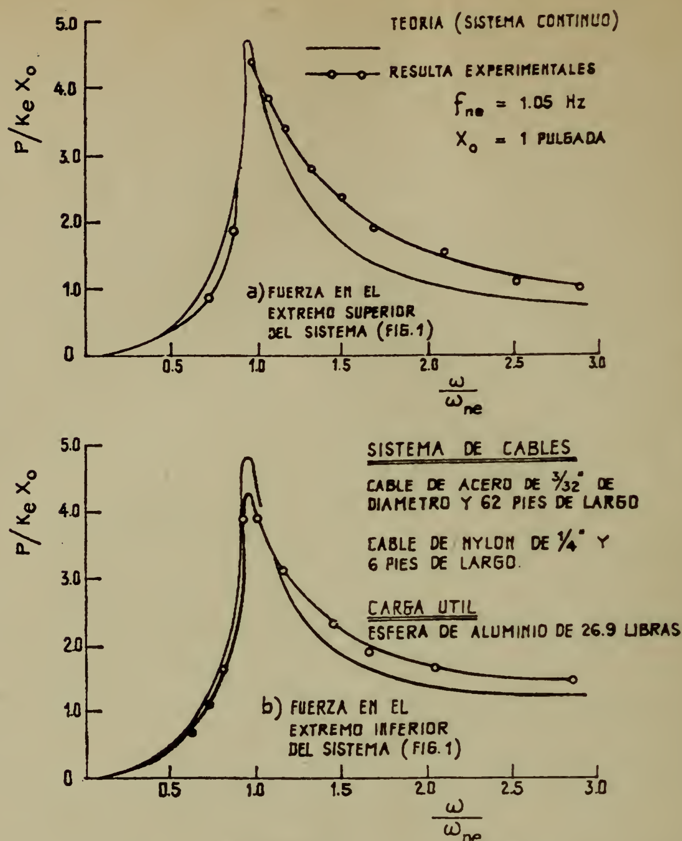


Fig. 14. — Comparación de resultados analíticos y experimentales (sistema comportándose como barra). (Referencia 17)

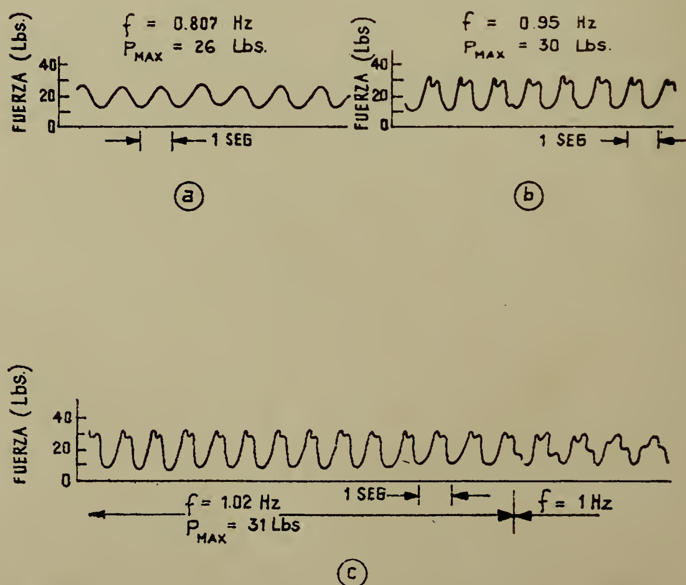


Fig. 15. — Valores de fuerza medidos experimentalmente en el extremo superior de un cable de acero de $^{1}/_{16}''$ vibrando en agua (Referencia 17)

Comparación de Resultados Analíticos y Experimentales

La Figura 14 muestra muestra resultados analíticos y experimentales en los rangos de frecuencia en que el sistema se comporta como una barra. El acuerdo es excelente para frecuencias inferiores a la fundamental, pero no tan bueno para frecuencias superiores. Estas discrepancias se deben probablemente a complejidades del comportamiento mecánico del cable de nylon y efectos nolineales en el amortiguamiento externo [3].

Las Figuras 15 y 16 muestran resultados experimentales y teóricos (obtenidos en una computadora analógica) para un cable de 1/16″ sometido a frecuencias de excitación inferiores a la crítica. Es interesante hacer notar que las magnitudes de fuerzas y formas de los pulsos comparan muy bien.

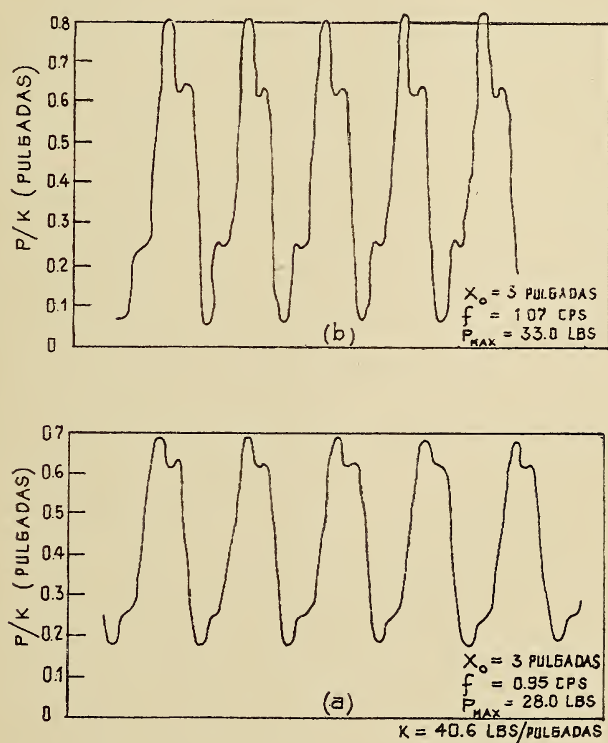


Fig. 16. — Resultados obtenidos mediante una computadora analógica (cable de acero de $^1/_{16}$″). (Referencia 17)

B.2 — *Movimiento Tridimensional de Sistemas Remolcados*

En una primera etapa de esta investigación se han investigado y obtenido nuevas expresiones que predicen la carga hidrodinámica que actúa sobre el cable. Las ecuaciones obtenidas están en concordancia con los valores experimentales obtenidos por otros investigadores [22].

Las ecuaciones de movimiento gobernantes resultan ser ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales. En la figura 17 se indica esquemáticamente el problema analizado por Choo [22].

B.3 — *Estabilidad Dinámica de un Cable Remolcado*

El propósito de esta investigación es estudiar el movimiento lateral de un cilindro esbelto, flexible y situado en un flujo paralelo al eje del mismo. Este modelo puede ser aplicado a situaciones de gran interés práctico, tales como el remolque de antenas e hidrófonos desde submarinos. Un parámetro de gran importancia es la relación L/D, donde L es la longitud del cilindro flexible y D es su diámetro. Las investigaciones realizadas por Pao [23] indican que la estabilidad del cilindro está regida por la porción del mismo que está situada aproximadamente 25 diámetros del extremo libre.

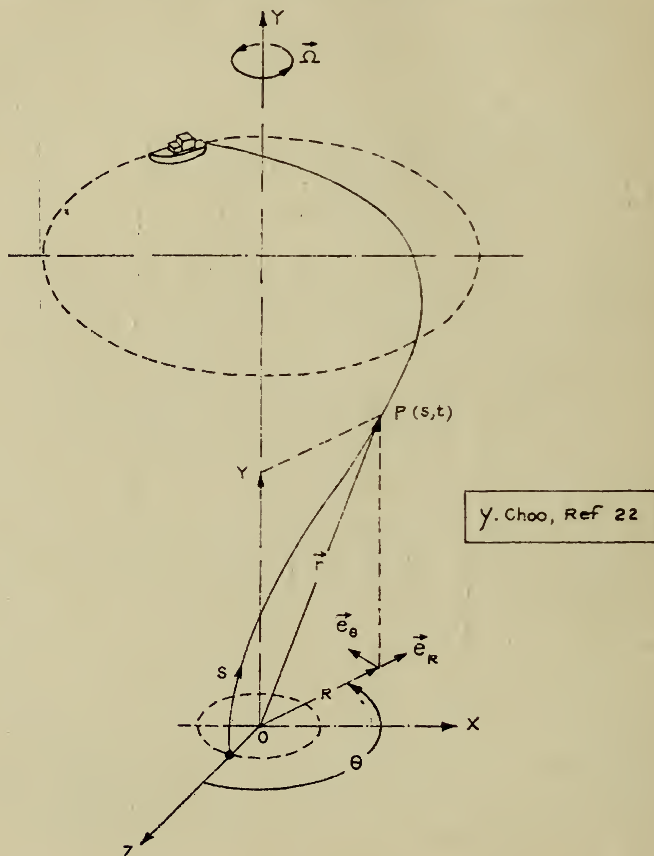


Fig. 17. — Predicción de la configuración tridimensional de un cable y de la posición del objeto remolcado en condiciones de régimen

C. Sistemas Operacionales de Cables

C.1 — *Comportamiento Dinámico de un Sistema de Cables Utilizado para Movilizar un Objeto o Estructura Asentada sobre el Fondo del Mar.*

La recuperación de objetos semi-enterrados en sedimentos del fondo del océano es una cuestión de gran importancia en ingeniería oceanológica [24]. Una aplicación común de este problema tiene lugar en operaciones de salvamento y recuperación de embarcaciones hundidas. Históricamente es e interés mencionar que la primera información técnica sobre el problema es el caso el hundimiento del barco a vapor SODRA SVERIGE, que tuvo lugar

en 1896 en el mar Báltico y a una profundidad de 56 m. El barco se hundió 10 m en sedimentos en el primer año. Se calculó en ese entonces que el peso sumergido de la embarcación era de 545 toneladas y que una fuerza de 327 toneladas sería suficiente para liberar la embarcación de los sedimentos. Se emplearon 16 pontones con una capacidad total de elevamiento de 872 toneladas y la operación fue exitosa [25].

En sí el problema es común en cualquier operación de izamiento, de anclaje de boyas y embarcaciones, como así también, una cuestión de sumo interés en el desarrollo de estructuras habitables proyectadas para un futuro inmediato y con el fin de emplazarlas sobre el fondo del océano.

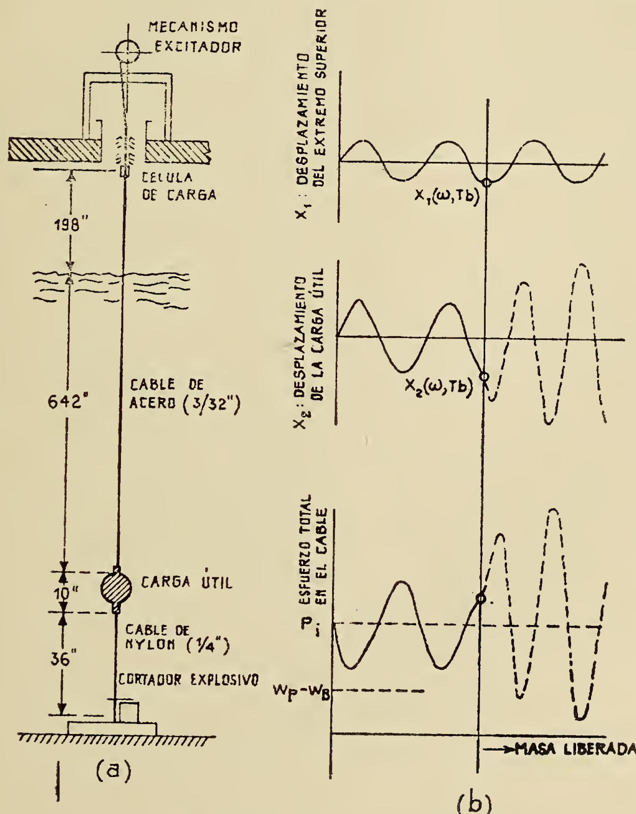


Figura 18 (Referencia 24)

Es importante mencionar que las fuerzas de adhesión y de succión, actuando sobre el objeto, pueden ser varias veces mayores que el peso del objeto sumergido. Esrig y Henkel [26] han estudiado la posibilidad de hacer disminuir estas fuerzas haciendo pasar una corriente eléctrica entre el objeto y un electrodo enterrado en las cercanías del mismo. El transporte electrosmótico de agua a la superficie del objeto y la producción de gas por electrólisis han reducido la adhesión y la succión en ensayos de laboratorio realizados en la Universidad de Cornell.

Importantes investigaciones experimentales han sido realizadas por Muga [25] y Veic [27].

Los estudios previamente citados son en esencia quasiestáticos, dado que no tienen en cuenta la naturaleza dinámica del problema. Las fuerzas en juego

son funciones del tiempo y una vez que el objeto es arrancado de los sedimentos, una porción de la fuerza total aplicada es liberada y resulta una condición dinámica transitoria. Desde el punto de vista del diseño del sistema de cables, es importante la posibilidad de cargas de impacto producidas por la caída del objeto después de su vuelo libre una vez que el objeto es liberado.

A continuación se describe el procedimiento experimental seguido.

La acción de los sedimentos ha sido aproximada por un pequeño segmento de cable de nylon cuyo extremo inferior está conectado al fondo del tanque y cuyo extremo superior está conectado a una esfera de aluminio de un peso total de 10 kgs (en agua: 7,85 kg). El sistema cable-esfera-resorte fue pretensado a una fuerza constante que simula la acción de los equipos del pontón o embarcación usados para recobrar el objeto en consideración. La liberación del objeto fue lograda con un cortador explosivo adherido previamente al cable de nylon (Figura 18).

El test es conducido en dos fases. En la primera se estudian las vibraciones forzadas en estado de régimen del sistema. En la segunda se observa el comportamiento dinámico del sistema cuando la esfera es liberada. Los experimentos fueron realizados en el Tanque Hidrobalístico (Fig. 10).

Primera fase: Oscilaciones Forzadas

En la figura 19 se muestran los resultados experimentales obtenidos al someter el sistema a una oscilación de amplitud de 2,5 cm. Otras amplitudes fueron también estudiadas y los valores de fuerzas obtenidos siguen el comportamiento que se observa en la figura 19.

La fuerza inicial de pretensión (F_s) es de 20,4 kg. La respuesta es aproximadamente sinusoidal para frecuencias bajas (Fig. 19 *a*). Para frecuencias mayores (por ejemplo 2 Hz.) uno observa efectos de no-linearidad. El doble pico observado en estudios previos en cables de acero, puede observarse claramente en la figura 19 (*c*).

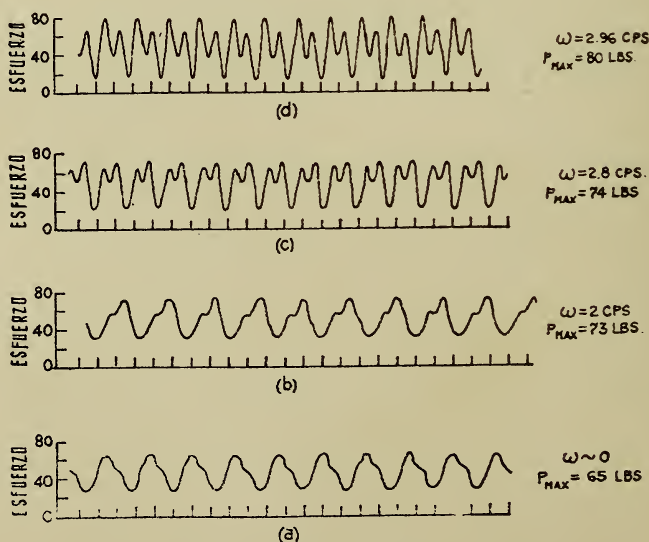


Fig. 19. — Fuerza en el extremo superior de un cable de $^{3}/_{32}''$ de diámetro excitado a varias frecuencias antes de que el objeto sea liberado (Referencia 24)

Segunda fase: Liberación del Objeto

Para obtener un valor realístico de la frecuencia a que se debía realizar el experimento, ya que la dependencia de "snap" de la frecuencia de excitación es crítica, se tomó como caso extremo un cable de 3050 m y una frecuencia de ola de 1 rad/seg. Por consiguiente la frecuencia circular equivalente para un cable de 21,35 m es:

$$\omega_{\text{Modelo}} = \omega_{\text{real}} \sqrt{\frac{L_{\text{real}}}{L_{\text{modelo}}}} = 12\ \text{rad}/_{\text{seg.}}\ ;\ f = 1.91\ \text{Hz.}$$

El experimento se realizó con una amplitud excitatriz de 7,5 cm y la frecuencia se aumentó de cero a 2 Hz. La masa de aluminio fue liberada al llegar a esta frecuencia. El máximo valor de la fuerza en el extremo superior del cable, antes de cortar el segmento de nylon, es de 63,6 kg. Se observó que la condición de impacto "snap load") fue lograda y la fuerza mayor alcanzada es igual a 86 kkg. La frecuencia excitatriz fue mantenida constante antes y después del corte del "resorte".

CONCLUSIONES

Las descripciones previas de los proyectos estudiados dan una idea de la complejidad del problema básico.

Las metas del programa han sido cumplidas con áxito. Una prueba de esto lo constituye el Simposio Nacional sobre problemas de cables que tuvo lugar en Catholic University en setiembre de 1970, auspiciado por Office of Naval Research, Naval Ships Command (Supervisor of Salvage), National Oceanographic Instrumentation Center y Catholic University, al cual concurrieron 120 científicos e ingenieros de todo el país. El establecimiento de comunicación entre industria, gobierno y la comunidad académica, estaba al menos en parte, realizado.

REFERENCIAS

1. Thompson, W. H., Lord Kelvin "On Machinery for Laying Submarine Telegraph Cables". The Engineer, Voll. 4, p. 185.186, Sept. 11, 1857, ver también pág. 280; Oct. 1857.
2. Thompson, W. H., Lord Kelvin "On the Forces Concerned in the Laying and Lifting of Deep See Cables". Math. and Phys. Proceedings, Vol. 2, Cambridge University Press, England, 1889, págs. 153-167.
3. Mc Leod, A. R. "On the Action of Wind on Flexible Cables, with Applications to Cables Towed Below Aeroplanes and Ballon Cables" R. and M. 554, 1918 (Londres).
4. Glauert, H. "Heavy Flexible Cable for Towing a Heavy Body Below an Aeroplane". Aeronautical Research Committee, R. and M. (T 3948). Febrero 1934 (Londres).
5. Phillips, W. H. "Theoretical Analysis of Oscillations of a Towed Cable" NACA, T. N. 1796, Enero 1949 (Londres).
6. Laura, P. A. y Casarella, M. J. "A Survey of Publications on Mechanical Cables and Cable Systems". Report N° 68-1; Themis Program N00014-68-A-0506-0001, Diciembre 1968. (The Catholic University of America, Washington D.C.).
7. Vanderveldt, H. y De Young, R. "A Survey of Publications for Mechanical Wire Rope and Wire Rope Systems". Report 70-8; Themis Program N000-14-68-A-0506-0001. 1970 (The Catholic University of America, Washington D.C.).

8. Laura, P. A. y Casarella, M. J. "Dynamics of Cable Systems A Review of Research Activities". American Society of Civil Engineers National Structural Engineering Meeting, Portland, Oregon (EE.UU.). Abril 6-1, 1970.
9. Laura, P. A., Vanderveldt, H. y Gaffney, P. "Acoustic Detection of Structural Failure of Mechanical Cable". The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 45, Nº 3; p. 791-793, marzo 1969.
10. Laura, P. A., H. Vanderveldt y Gaffney, F. "Mechanical Behavior of Stranded Wire Rope and Feasibility of Detection of Cable Failure". Marine Technology Journal, mayo-junio 1970, Vol. 4, Nº 3, p. 19-32.
11. Chung, B. S. "Dynamic Properties of Selected Wire Ropes Subjected to an Axial Load". Tesis Doctoral; School of Engineering; The Caholic University of America; Washington D.C., 1971.
12. Vanderveldt, H. y Gilheany, J. "Propagation of a Longitudinal Pulse in Wire Ropes under Axial Loads'. Experimental Mechanics, p. 1-7, octubre 1970.
13. Durelli, A. J., Clark, J. A. y Parks, V. J. "Analysis of Stresses Generated by Surface Waves in a Buoy-Cable System Model". Catholic University of America Report, noviembre 1970.
14. Durelli, A. J. y Norgard, J. S. "Experimental Analysis of Slow Viscous Flow Using Photoviscosity and Bubles". Experimental Mechanics, p. 169-177, abril 1972.
15. Clark, J. A., Durelli, A. J. y Laura, P. A. "On the Effect of Initial Stress on the Propagation of Flexural Waves in Bars of Rectangular Cross Section". Third Canadian Congress of Applied Mechanics, mayo 1971 (Calgary, Canade), publicado en The Journal of the Acoustical Society of America (1972, Vol. 52, Nº 4 (Part 1), p. 1077-1086.
16. Laura, P. A. y Goeller, J. E. "On Some Considerations on the Behaviour of Mechanical Cable Systems from a Dynamic Stability Viewpoint". RILEM International Symposium, Buenos Aires, 13-18 septiembre 1971.
17. Laura, P. A. y Goeller, J. E. "A Theoretical and Experimental Investigation of Impact Loads in Stranded Steel Cables During Longitudinal Excitation". Report 70-2; Themis Program (The Catholic Universiy of America, Washington D.C.), p. 1-35.
18. Goeller, J. E. y Laura, P. A. "Analitical and Experimental Study of the Dynamic Response of Cable Systems'. Report 70-3, Themis Program (The Catholic University of America), p. 1-36; publicado por el Journal of S. and V., 1971.
19. Goeller, J. E. y Laura, P. A. "Dynamic Stresses and Displacements in a Two Material Cable System Subjected to Longitudinal Excitation". The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 46, Nº 2, p. 284-292.
20. Richardson, W. S. "Buoy Mooring Cables Past, Present and Future". Transactions of the Second International Buoy Technology Symposinm, Wahington D.C., p. 15-18, 1967.
21. Paquette, R. G. y Henderson, B. "The Dynamics of Simple Deep Sea Buoy Mooring". General Motors Corporation Report, p. 1-105, 1965.
22. Choo, Y. "Analytical Study of the Three Dimensional Motion of Towed Systems". Tesis Doctoral; School of Engineering; The Catholic University of America; Washington D.C., 1970.
23. Pao, H. P. "Dynamic Stability of a Towed Slender Cylinder". Journal of Hydronautics (AIAA), 1971.
24. Laura, P. A. y Goeller, J. E. "Sobre la Dinámica de un Problema Operacional en el Diseño de Ciertas Estructuras Maríticas". XIV Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y IX Simposio Panamericano de Estructuras, Buenos Aires, 26-31, octubre 1970, Vol. V, p. 79.
25. Muga, B. J. "Bottom Breakout Forces". Proceedings of the Conference on: Civil Engineering in the Oceans; ASCE Conference, septiembre 6-8, 1967, San Francisco, California, p. 569-600.
26. Esring, M. I. y Henkel, D. J. "The Use of Electrokinetics in the Raising of Submerged Partially Buried Metallic Objects". Cornell University, Dept. of Geotechnical Engineering, Repor Nº 7, junio 1968.
27. Vesic, A. S. "Breakout Resistance of Objects Embedded in Ocean Botton". School of Engineering Report, Duke University, Soil Mechanics Series Nº 20, 1969.

 ISSN 0037-8437

POTASIO EN ALGUNOS SUELOS ARGENTINOS *

Por ANA MARIA DE LA HORRA de VILLA [1] y ICHIRO MIZUNO [2]

RESUMEN

Se efectuaron determinaciones de potasio en 9 perfiles de suelos argentinos.

Dichas determinaciones fueron: potasio total, extractable con acetato de amonio 1.0 N, ácido nítrico 1.0 N, ácido clorhídrico 0.5 N, acetato de magnesio 0.5 N y soluble en agua.

Los resultados obtenidos indican que los suelos analizados se encuentran bien provistos de potasio y que hay relación entre los correspondientes a acetato de amonio, ácido clorhídrico y acetato de magnesio.

Los obtenidos con ácido nítrico se prestan para algunas especulaciones acerca del potasio disponible en forma inmediata y mediata en aquellos suelos.

SUMMARY

The potassium content of soils from 9 Argentine profiles were determined using several methods. These were: total potassium; potassium extractable in 1.0 N ammonium acetate; 1.0 N nitric acid; 0.5 N hidrochlric acid; 0.5 N magnesium acetate and water soluble potassium.

The results indicate that the soils analysed were well supplied with potassium, and that the values obtained using ammonium acetate, hydrochlriccacid and magnesium acetate were correlated.

Values determined using nitric acid give rise to some speculation as to the long and short-term availability of potasium in these soils.

INTRODUCCION

La impresión generalizada acerca del potasio en los suelos de región pampeana es de que su provisión es abundante.

En un trabajo anterior (1) se discutió este hecho con relación a la posible interacción K/Mg. No obstante debe reconocerse que existen extensas zonas del país con valores bajos de potasio intercambiable (2).

* Trabajo realizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

[1] Jefa de trabajos prácticos de Química General e Inorgánica. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

[2] Profesor titular de Edafología. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Así, en la franja de suelos "rojos amarillentos podsólicos" ([3]) se encuentran valores de 1 a 4 mg/100 g. En Corrientes, en la línea Monte Caseros-Curuzú Cuatiá, los valores son similares a los anteriores ([4]). En la misma provincia, de Bella Vista a Saladas, se encuentran frecuentemente de 3 a 17 mg/100 g ([5]).

Valores extremos, que indicarían una tendencia a la acumulación potásica, se los ha encontrado en San Antonio del Litin (Córdoba) con niveles de potasio intercambiable; para los primeros centímetros de suelo: del orden de 25 m.e./100 g, los que ya presentan signos de salinización debido al catión mencionado ([6]).

El propósito del presente trabajo ha sido el de obtener mayores informaciones acerca de las diversas formas del potasio en algunos suelos argentinos. Asimismo se efectúa un estudio comparativo entre distintos métodos de extracción, como también una ponderación de las formas soluble, intercambiable y total; estos últimos como elementos de juicio para el conocimiento de la dinámica del potasio en los suelos estudia dos.

En una segunda etapa se estudiará con mayor detalle este problema enfocándolo desde el punto de vista del poder regulador de potasio en algunos suelos argentinos.

MATERIAL Y METODOS

Se analizaron muestras provenientes de perfiles correspondientes a Brunizem con B textural (provincias de Buenos Aires y Santa Fe), Brunizem sin B textural (Pcia. de Buenos Aires), Vertisoles (Entre Ríos) ([8]).

Se efectuaron las determinaciones siguientes: potasio total; potasio extractable con ácido nítrico normal, con acetato de amonio normal pH 7,0, acetato de magnesio 0,5 normal, ácido clorhídrico 0,5 normal, potasio soluble.

Dichas determinaciones se efectuaron de acuerdo a las siguientes técnicas:

Potasio extractable con ácido nítrico

2,5 g de muestra convenientemente secada, molida y tamizada: se mantuvo en ebullición con 25 ml de solución normal de ácido nítrico durante 10 minutos. Se filtró y lavó con dos porciones sucesivas de 7 ml cada una de solución de ácido nítrico 0,01 normal. La concentración del potasio se determinó por fotometría de llama.

Potasio extractable con acetato de amonio

5 g de muestra, tratada en forma similar a la anterior; se dejó en contacto con 15 ml de acetato de amonio normal pH 7,0, durante 5 minutos. Luego se filtró, lavó con dos porciones de 7,0 ml cada una de solución de acetato de amonio 0,1 normal. El contenido de potasio se determinó por fotometría de llama.

Potasio extractable con ácido clorhídrico

5 g de muestra, tratada como las anteriores, se agitaron por 2 horas con 50 ml de ácido clorhídrico 0,5 normal. Luego se filtró y lavó dos veces con porciones de 7 ml cada una de solución de ácido clorhídrico 0,05 normal. El contenido de potasio se determinó por fotometría de llama.

Potasio extractable con acetato de magnesio

5 g de muestra, similar a las anteriores, se agitaron durante 1 hora con 50 ml de solución de acetato de magnesio 0,5 normal. Luego se filtró y lavó dos veces con porciones de 7 ml cada vez de solución de acetato de magnesio 0,05 normal. El contenido de potasio se determinó por fotometría de llama cuando la concentración era de 7 ppm o mayor en la solución de lectura. En caso contrario se recurrió a la espectrofotometría de absorción atómica.

Potasio soluble

5 g de muestra, tratada como en los casos anteriores; se agitaron con 25 ml de agua bidestilada durante 1 hora. Se dejó reposar otra hora y se filtró. El contenido de potasio se determinó por espectrofotometría de absorción atómica, excepto cuando la concentración de potasio era mayor de 7 ppm en la solución de lectura, en cuyos casos se recurrió a la fotometría de llama.

Potasio total

0,05 g de muestra finamente molida y tamizada, se pasó a cápsula de platino y se trató con 2,5 ml de ácido perclórico (densidad 1,67), repitiendo el tratamiento hasta disgregación total. Luego se agregó 1 ml de ácido sulfúrico (densidad 1.84), y se siguió calentando. Se enfrió y el contenido se disolvió en 10 ml de ácido clorhídrico 6 normal. La concentración de potasio se determinó por fotometría de llama.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se registran en la Tabla I. De la consideración de los mismos surgen los aspectos siguientes:

1. El potasio total oscila de 992 a 1.950 mg/100 g, tomando los valores extremos independiente del horizonte.

Puede observarse que los Brunizem presentan una riqueza mayor que los Vertisoles. En los primeros oscila de 1.374 a 1.950 mg/100 g; en los segundos de 992 a 1.239 mg/100 g; indicando que este último valor máximo es inferior al mínimo de los Brunizem.

Con referencia a la distribución en el perfil, no se observan patrones definidos, aún cuando se nota en algunos casos una tendencia a mayores valores en profundidad.

2. Con referencia al potasio soluble, oscila; en el conjunto de muestras de 0,7 a 9,5 mg/100 g.

TABLA I

Resultados analíticos (mg/100 g)

Muestra	Ac.NH_4	NO_3H	ClH	Ac.2Mg	Total	Soluble	NO_3H-Ac.NH
1. Divisadero							
Ap......	77,3	161,6	80,0	31,2	1395	6,7	84,3
A_{11}......	60,5	160,8	66,7	33,3	1374	4,3	100,3
A_{12}......	45,4	136,6	48,5	19,4	1385	1,9	91,2
AC......	37,2	129,0	38,3	13,3	1418	2,5	91,7
2. La Celina							
0-20 cm.	77,1	170,0	81,9	40,3	1354	7,5	92,9
20-44 cm.	75,8	190,2	77,7	38,7	1556	4,6	114,4
44-80 cm.	59,7	158,6	64,2	27,9	1524	2,8	98,9
3. Las Liebres							
A_1......	72,3	155,0	73,7	36,2	1858	7,1	82,7
AC......	45,9	125,2	48,6	21,8	1823	9,0	79,3
C.......	36,8	110,6	40,3	16,6	1808	1,8	73,8
4. Santa Juana (s/B)							
A.......	75,0	157,3	78,4	44,5	1663	9,5	82,3
AC......	38,1	112,8	35,2	15,2	1555	1,7	79,7
C.......	40,6	118,4	44,8	19,5	1950	2,6	77,8
5. Santa Juana (c/B)							
A_1......	81,1	102,1	77,6	49,5	1665	8,8	81,0
A_3......	65,0	156,5	63,9	40,3	1819	5,1	91,5
B.......	55,5	150,8	55,2	28,1	1569	4,8	95,5
C.......	54,4	135,4	55,9	27,9	1848	4,9	81,0
6. R. Clark							
A_1......	45,3	142,4	54,5	23,6	1749	8,9	97,1
A_3......	39,6	132,3	43,1	18,7	1608	2,9	92,7
B_2......	65,3	148,2	60,0	24,0	1715	2,8	82,9
B_3......	62,5	167,0	71,1	29,7	1851	3,7	104,5
C.......	56,3	163,6	75,3	30,8	1892	4,4	107,3
7. Espinillo							
A_{12}......	27,9	77,8	25,6	12,8	992	1,2	49,9
A_{13}......	26,6	101,2	25,6	11,2	1071	1,3	74,6
AC......	26,7	121,0	32,0	11,9	1137	1,9	94,3
8. La Zelmira 1							
A_{11}......	32,5	87,4	33,2	19,3	1192	2,7	54,9
A_{12}......	22,7	79,7	20,6	10,0	1206	0,7	57,0
A_{13}......	15,0	80,1	14,6	5,7	1196	0,7	65,8
(B) + C							
9. La Zelmira 2							
A_1......	52,5	120,6	50,1	32,3	1237	4,5	68,1
AC......	17,2	65,0	16,6	7,1	1135	1,0	47,2

1, 2, 3, 4: Brunizem sin B textural; **5, 6**: Brunizem con B textural; **7, 8, 9**: Vertisoles.

En los Brunizem lo hace de 1,7 a 9,5 mg/100 g, mientras que en los Vertisoles lo hacen de 0,7 a 4,5 mg/100 g.

Con relación a su distribución en el perfil, excepto en un caso (Espinillo), en el resto se nota una definida tendencia a la disminución en profundidad.

Cabe señalar que estos valores son por lo menos de 4 a 5 veces superiores a aquellos que se obtuvieron, para algunas muestras, dentro del ámbito del agua útil (de 0,3 a 15 atmósfera).

3. El potasio extractable con acetato de amonio oscila de 15 a 81 mg/100 g. En los Brunizem lo hace entre 36 y 81 mg/100 g, mientras que en los Vertisoles entre 15 y 52 mg/100 g.

4. La relación de las formas soluble: intercambiable: total es, para los horizontes A de los Brunizem, de 7.7:71.2:1383, en valores medios.

Tomando como base la forma soluble en agua, dicha relación es de:

1:9.2:179

Para los Vertisoles, también en horizontes A y valores medios: 2.8:37.6:1140. Tomando como base la forma soluble, dicha relación es de:

1:13.4:407

Aparentemente la dinámica del potasio, en el caso de los Vertisoles, tiende más a la fijación que en el caso de los Brunizem.

5. Se efectuó la determinación del potasio extractable con ácido nítrico con el objeto de lograr informaciones acerca del mismo disponible a plazo moderado.

En la dinámica del potasio del suelo se estima que el equilibrio de las formas soluble e intercambiable es rápido, dimensionable en segundos o minutos.

En la etapa siguiente, intercambiable-fijado, es más lento y deberá dimensionarse en días o semanas.

Ello significa que una disminución sustancial de las dos primeras formas, soluble o intercambiable, puede hasta cierto límite variable de acuerdo a los suelos, ser cubierto por la tercera forma (fijada).

Esto podría explicar la recuperación de aceptables niveles de potasio en algunos suelos, por ejemplo en las zonas tropicales o subtropicales; cuando después de 2-3 años de agricultura se lo abandona por un tiempo más o menos largo, conforme a las necesidades de que las dos primeras formas deban ser cubiertas por la tercera (fijada) o también la cuarta (estructural).

En este sentido, y de acuerdo a la bibliografía (9) se efectúan extracciones sucesivas con ácido nítrico hasta llegar a un valor de potasio que se repite en la extracción siguiente. Las fracciones extraídas antes de que dicho valor se repita, es lo que se denomina potasio escalonado, y los valores que comienzan a repetirse, potasio de tasa constante.

Se estima que el potasio escalonado suma el disponible en forma inmediata y a plazo moderado.

En el presente caso solo se ha efectuado una extracción, por lo que puede tomarse dicho valor como el nivel mínimo de la suma antes mencionada.

Restando a este valor el correspondiente al extraído con acetato de amonio, se tendrán discriminados los valores correspondientes a cada sumando.

Puede observarse que el potasio extractable con ácido nítrico oscila de 190 a 65 mg/100 g.

Cuando se consideran solamente los Brunizem, oscila de 190.2 a 110 mg/100 g, mientras que en los Vertisoles lo hace de 121 a 65.

La resta de extractable con nítrico menos extractable con acetato de amonio oscila de 114 a 47 mg/100 g. Cuando se consideran solamente los Brunizem quedan comprendidos entre 114 y 73, mientras que en los Vertisoles entre 94 y 47.

6. Se efectuaron extracciones con ácido clorhídrico y acetato de magnesio para verificar la relación de estos valores con los obtenidos con acetato de amonio.

Los correspondientes al ácido clorhídrico presentan no solo una buena correlación con los obtenidos con acetato de amonio sino que excepto dos casos, prácticamente demuestran coincidencias de valores.

Los obtenidos con acetato de magnesio presentan buena correlación con acetato de amonio aún cuando son más bajos. Ello sería explicable por la diferencia en las concentraciones de los iones desplazantes utilizados y por las características intrínsecas de los mismos.

Es probable que los resultados obtenidos tengan relación con la disponibilidad diferencial del potasio adsorbido, en base a la ubicación en el material adsorbente y consecuente diferencia en la energía de adsorción.

CONCLUSIONES

1. Los valores hallados de distintas formas de potasio en suelos Brunizem con y sin B textural y Vertisoles demuestran que la provisión de potasio de los mismos es buena.

   No obstante cabe llamar la atención acerca de los Vertisoles, en los cuales es dable preveer valores considerablemente más bajos.

2. Las cifras correspondientes a las fracciones soluble e intercambiable indican que la provisión actual de potasio no ofrece problemas.

   Los valores de soluble en ácido nítrico menos intercambiable indican que las reservas a plazo inmediato son buenas, y las del total que también lo son a largo plazo.

3. La determinación del potasio intercambiable con solución normal de acetato de amonio pH 7.0 normal, y con ácido clorhídrico 0.5 normal dan resultados coincidentes.

   La extracción de potasio con solución normal de ácido nítrico en caliente posiblente agregue fracciones correspondientes a fijado y estructural.

   La extracción con acetato de magnesio arroja valores menores que los correspondientes a acetato de amonio, abriendo la posibilidad de que pueda tomarse como índice de una mayor disponibilidad de una fracción de la forma intercambiable.

BIBLIOGRAFIA

1. Mizuno, I.; Barberis, L. A., "Magnesio en los suelos de la pradera pampeana". Turrialba Iica, julio 1969, Costa Rica.
2. — Datos inéditos.
3. — Datos inéditos.
4. — Datos inéditos.
5. — Datos inéditos.
6. — Datos inéditos.
7. — Datos inéditos.
8. Bonfils, C. G., "Rasgos principales de los suelos pampeanos". Inst. de Suelos y Agrotecnia. Publ. Nº 97, 1966. 65 p.
9. Martini, O., "Caracterización del estado de potasio en seis suelos de Panamá". Turrialba Iica, 1967, Costa Rica.

INDICE GENERAL DEL TOMO CXCVIII

SERIE I. CIENCIAS

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS

NORMAS PARA LOS AUTORES

1. ANALES publica unicamente trabajos originales e inéditos ; solamente por excepción podrá incluir trabajos cuya noticia se haya dado por otra publicación.
2. La publicación en ANALES es gratuita. Las separatas que soliciten los autores (o las entidades a que estén vinculados) son con cargo a los mismos. El requerimiento deberá hacerse por escrito y antes de iniciar la impresión.
3. Los autores son personalmente responsables de la tesis y del contenido de sus trabajos y deberán realizar las correcciones de las pruebas de imprenta de dichos trabajos.
4. La Sociedad Científica Argentina se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo que sea sometido para publicación en ANALES, si así lo considerara conveniente.
5. Los trabajos deberán ser presentados escritos a máquina, a doble espacio, en papel tamaño oficio o carta, utilizando una sola de las caras del papel y redactados en castellano. Las fórmulas podrán ir manuscritas y deberán ser suficientemente claras para la labor de la imprenta. Los gráficos se dibujarán en tinta china, o por otro medio, de manera tal de permitir la fácil y buena preparación de los clisés ; esto último es aplicable a todo tipo de ilustración. La cantidad será la mínima compatible con las necesidades de la buena comprensión del trabajo. En total, los trabajos no deberán ocupar más de *seis páginas* de los Anales, incluídas ilustraciones y tablas.
6. Los trabajos, luego de su título, llevarán un resumen en castellano y otro en idioma extranjero, éste último de no más de 150 palabras. Dichos resúmenes deberán señalar el problema planteado, la indicación de los procedimientos y procesos y las conclusiones a que se arribe, y hacer referencia sobre la precisión de los resultados, todo ello de manera sintética.
7. Los escritos originales, destinados a la Dirección de ANALES, serán remitidos a la Administración de la Sociedad, Avenida Santa Fe 1145, Capital Federal, a efectos de registrar fecha de entrega y posterior envío al Director.
8. La publicación de los trabajos, una vez aceptados, estará sujeta a las posibilidades de la Sociedad y a las exigencias de diagramación de ANALES. La Sociedad se reserva el derecho de determinar la entrega de ANALES en la cual aparecerán los trabajos.

Correo Argentino
Cent. (B)

FRANQUEO PAGADO
Concesión N° 1186

TARIFA REDUCIDA
Concesión N° 6247

The Gral. Library British Museum
(Nat. History) Cromwell Road
LONDON S.W.7
Inglaterra